TECHNOLOGIE

DES FABRICATIONS MÉCANIQUES

SOUS LA DIRECTION DE A. CHEVALIER



LE TOURNAGE DES MÉTAUX

FASCICULE 3

A. CHEVALIER

R. JOLYS

DELAGRAVE

TECHNOLOGIE DES FABRICATIONS MÉCANIQUES

Collection publiée sous la direction de A. CHEVALIER

Professeur technique de Mécanique à l'École Normale Nationale d'Apprentissage de Paris, ex-chef de Fabrication dans l'Industrie

LE TOURNAGE DES MÉTAUX

par

A. CHEVALIER
Professeur technique à l'E. N. N. A. de Paris.

et

R. JOLYS
Professeur technique adjoint de Centre d'Apprentissage.

FASCICULE 3

VINGT-QUATRIÈME MILLE

PARIS
LIBRAIRIE DELAGRAVE
15, rue Soufflot, 15
1957

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, la technique du **tournage** a été influencée par l'adoption des carbures métalliques de coupe à grande vitesse. Les tours, devenus robustes, précis et rapides, exigent aujourd'hui pour leur conduite des opérateurs habiles et instruits.

Ce fascicule, **Tournage des métaux**, intéresse tous les mécaniciens opérateurs et techniciens, mais il s'adresse particulièrement aux apprentis tourneurs qui l'utiliseront avec profit dès le début de leur apprentissage.

Il comprend deux parties principales :

La première est consacrée, après un bref historique du **tournage**, à l'étude fonctionnelle des organes porte-pièce et porte-outil du tour parallèle à charioter et à fileter, puis à l'examen des méthodes de travail.

La seconde partie, essentiellement pratique, intéresse la conduite des travaux de tournage.

Il faut que l'élève tourneur soit finalement capable de comparer et de choisir les procédés et les outils nécessaires, de déterminer les éléments de coupe convenables, d'utiliser au mieux le tour et les accessoires qui lui sont confiés.

Quelques leçons complémentaires sur les tours spéciaux et le tournage en grande série montrent les tendances actuelles de cette technique et les fonctions nouvelles susceptibles d'appeler le jeune professionnel.

L'efficacité de la technologie pratique repose sur les constatations et travaux faits par l'élève, ou devant lui. Aussi, les auteurs réclament-ils l'emploi généralisé de la méthode expérimentale, aux ateliers même, avant la leçon proprement dite.

Le rendement pédagogique est également fonction de l'attention de l'élève. Pour éveiller et maintenir cette attention nous rappelons l'efficacité des projections lumineuses fixes reproduisant instantanément sur l'écran (ou le mur), à grande échelle, les croquis successifs contenus dans le fascicule.

Afin de faciliter le travail de l'élève, la collection **Technologie des fabrications mécaniques** a été divisée en fascicules et en leçons. Ce découpage pratique n'interdit nullement, bien au contraire, les regroupements nécessaires autour d'un même centre d'intérêt. C'est pourquoi nous avons, dans la mesure du possible, mentionné en tête de chaque page du texte, les références aux autres leçons à consulter dans les divers fascicules de la collection. Au moment où paraît ce troisième fascicule, ces indications ne peuvent, bien entendu, être complètes; il appartiendra au lecteur de compléter au fur et à mesure de la parution des ouvrages.

Enfin, le repérage du texte et des illustrations est assuré par une notation alpha-numérique facilitant recherches, revisions et contrôles pédagogiques.

Ce fascicule **Tournage des métaux** prend place dans la collection **Technologie des fabrications mécaniques** au côté d'autres fascicules notamment :

Fasc. 1. **Le livret de l'apprenti débutant.**
— 7. **L'usinage par abrasion.**
— 11. **Etude de la coupe des métaux.** (A paraître.)
Fasc. 12. **Etude fonctionnelle des machines-outils.**
— 13. **Métrologie dimensionnelle.**
— 14. **L'Automation.** (A paraître.)

A. C.

SOMMAIRE

LEXIQUE

A

AMPLIFICATEUR (16/2) : Dispositif enregistrant des variations de longueur avec un très fort grossissement.
AMORÇAGE DE PASSE (16/1) : Début d'un surfaçage sur une longueur d'avance de 2 à 5 mm.
ARÊTE (3/2) : Ligne d'intersection de la surface de pente d'affûtage avec la surface en dépouille d'un outil de coupe.

B

BALADEUR (15/1) : Élément claveté avec possibilité de coulissement sur l'arbre qui le porte.
BALANÇAGE *(ou balancement)* (6/1) (16) : Opération de répartition des surépaisseurs de matière d'une pièce brute.
BALOURD (20/3) : Excédent de charge en un point excentré d'une pièce de révolution.
BANC (2/2) : Poutre qui reçoit l'ensemble des organes mécaniques du tour parallèle.
BEC (2/4) *(bec de l'outil)* : Partie active de l'outil déterminant la forme de l'arête tranchante.
BOUDIN (12/2) : Solide géométrique dont le profil est une fraction du cercle *(1/4 ou 1/2)* en relief *(boudin convexe)* ou en creux *(boudin concave)*.
BROUTAGE (3/3) : Vibrations de l'outil ou de la pièce qui engendrent des défauts sur la surface coupée.
BUTÉE MICROMÉTRIQUE (16/2) : Butée à position réglable par vis à pas fin et tambour gradué.

C

CARBURE (29/1) *(carbure métallique)* : Produit métallique de grande dureté utilisé pour la fabrication des outils à coupe très rapide des métaux.
CAROTTAGE (16/3) : Tronçonnage latéral se substituant au perçage de grand diamètre et permettant la récupération d'une chute cylindrique *(la carotte)*.
CENTRES (6/5) : Logements matérialisant l'axe de rotation et généralement pratiqués au centre des surfaces, en bout d'un cylindre à tourner.
CENTRER (17/2) : Mettre en coïncidence l'axe d'une pièce et celui de la broche *ou* exécuter des centres.
CHUTE (16/3) : Surlongueur de barre tombant en fin d'opération et en principe sans utilité ultérieure.
COCHONNET (20/4) (8/3) : Centrage court constituant un élément de référence pour le travail en reprise.
COLONNE MANOMÉTRIQUE (16/2) : Colonne à niveau d'eau variable enregistrant à grande échelle des différences de pression.
CONCENTRIQUE (17) : Situé autour du même centre et par extension du même axe.
CONTRE-BATTAGE (19/4) : Martelage de part et d'autre d'un défaut sur pièce montée entre pointes et « soutenue-tendue » sous le défaut.
CONTRE-POUPÉE (2/2) *(ou poupée mobile)* : Organe du tour situé sur le banc en face de la poupée fixe.
COULISSEAU (2/2) : Chariot coulissant *(mouvement rectiligne alternatif)*.
CRAPAUDINE (6/1) : Pièce dans laquelle tourne un pivot vertical.
CRÉMAILLÈRE (11/5) : Engrenage rectiligne accouplé avec un pignon.

D

DÉCOLLER (18/2) : Détacher brusquement deux pièces ajustées.
DÉCOUVREMENT (27/2) : Enlèvement du métal protecteur excédentaire après traitement thermique de surface.
DRESSAGE (1/2) : Opération d'usinage des surfaces planes, par coupe, sur machine-outil.

E

EMBRÈVEMENT (6/5) : Surface en creux ou logement pratiqué sur une face extérieure.
ENTRAXE (21/2) : Intervalle entre deux axes parallèles.
ENTRETOISE (21/6) : Pièce placée entre éléments parallèles pour les maintenir à un écartement déterminé.
ÉPAULÉ (6/2) *(pièce épaulée)* : comportant deux ou plusieurs surfaces cylindriques concentriques. Celle de grand diamètre est dite épaulée *(épaules)*. Celle de petit diamètre est dite décolletée *(col)*.
EXCENTRAGE (17/5) : Distance entre l'axe de broche et l'axe d'une pièce non centrée.

F

FACETTES (15/3) : Petites marques plates altérant une surface de révolution coupée dans de mauvaises conditions.
FAIRE TANGENTER (16/2) : Avancer l'outil vers la pièce jusqu'à ce que son arête soit au contact de celle-ci.
FORME (18/2) *(ou fourrure)* : Feuille de métal tendre en forme, enveloppant un élément de pièce à protéger.
FOURREAU (2/2) : Pièce cylindrique coulissante logeant la contre-pointe.

G

GABARIT (2/4) : Instrument vérificateur de la forme d'une pièce.
GALBÉ (2/4) : Courbé régulièrement.
GALET (12/3) : Petite pièce cylindrique plate et alésée.
GRAIN (4/4) : Petit volume de matière. Se dit d'un petit outil presque réduit à sa partie utile et fixé, pour l'utilisation, sur un porte-outil.
GRIPPAGE (6/5) (18/3) : Arrachement superficiel de métal entre deux surfaces frottantes mal lubrifiées.

I

INDICATIF (3/7) : Symbole de désignation.
INTERRUPTEUR (15/1) : Dispositif permettant d'interrompre un courant électrique.

L

LAME (4/4) : Pièce prismatique mince. Se dit d'un outil mince à une ou deux lèvres coupantes fixé, pour l'utilisation, sur un porte-lame.
LARDON (5/6) (15/3) : Cale prismatique placée entre coulisse et coulisseau pour réduire le jeu de fonctionnement.
LEVIER SÉLECTEUR (15/1) : Levier permettant la mise en place d'un élément de coupe choisi *n* ou *a*.
LUNETTE (10/1) : Support auxiliaire à surface de portée cylindrique employé pour maintenir une pièce tournante.

M

MANDRIN (8/4) : Organe support qui permet de situer et serrer une pièce ou un outil. Ici : mandrin lisse centré, recevant une pièce préalablement alésée, pour tournage extérieur.
MANETON (21/6) : Portée de bielle d'un vilebrequin.
MODULE (13/3) : Caractéristique de grandeur d'une dent d'engrenage. C'est le rapport entre le diamètre primitif et le nombre de dents.
MORS (17/2) : Elément d'un organe de serrage en contact avec la pièce à immobiliser.

N

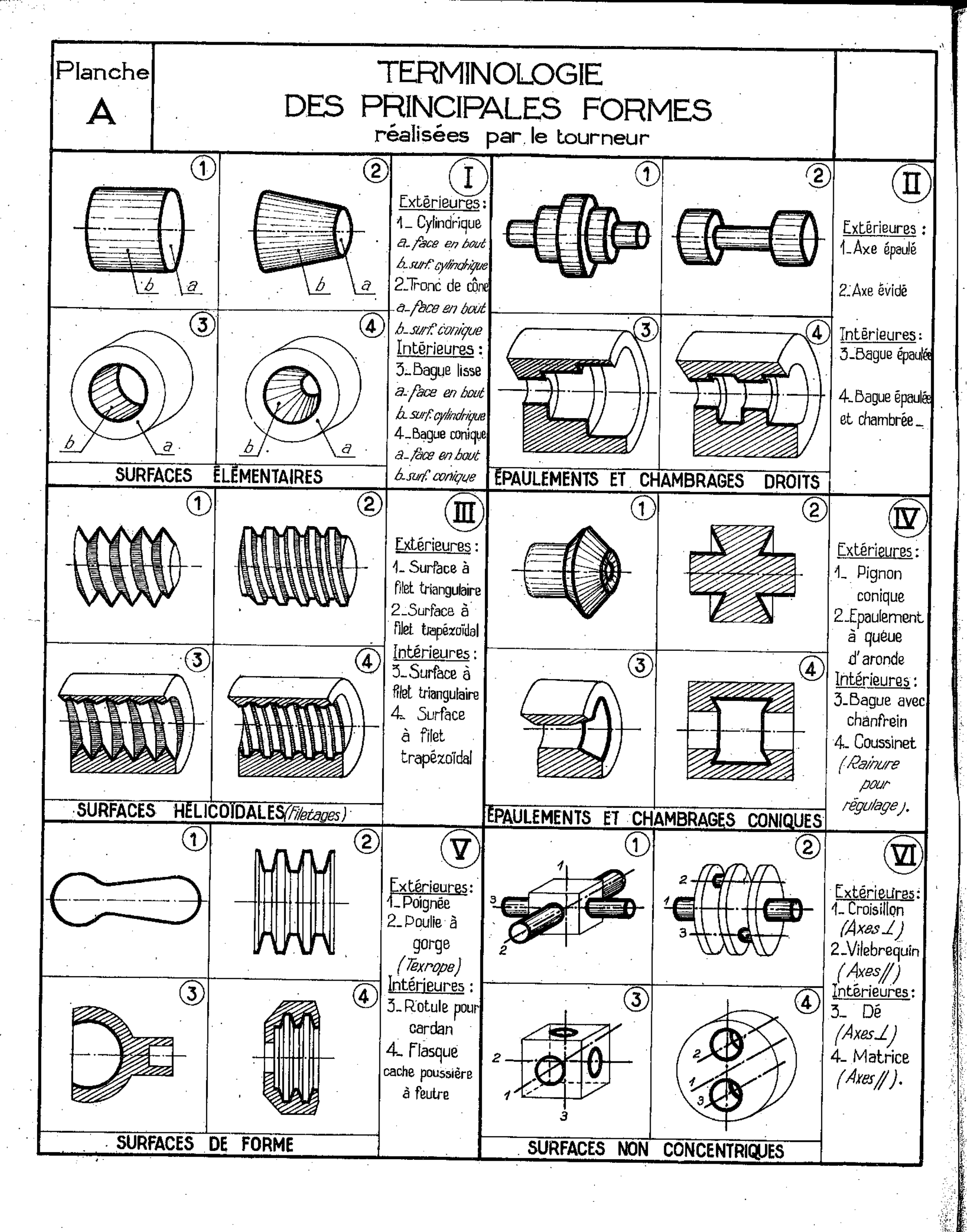
NEZ *(de broche)* (4/6) : Partie avancée de la broche de tour.

O

OUTIL-COUTEAU (3/3) : Outil dont la forme active rappelle celle d'un couteau.
OUTIL-PELLE (3/3) : Outil rappelant la forme d'une pelle.
OUVRIER QUALIFIÉ (1/8) : Ouvrier capable d'exécuter les travaux variés de sa profession, d'après un dessin technique ou des instructions.

P

PALPEUR (5/5) : Extrémité qui entre en contact.
PASTILLE (3/2) : Petit prisme de métal de coupe se fixant par brasage sur un corps d'outil.
PASSE (2/3) : Enlèvement d'une couche de métal.
PIGNON SATELLITE (17/2) : Pignon tournant autour d'un autre pignon.
PORTÉE (15/3) : Surface géométriquement parfaite qui doit épouser une autre surface.
PORTE-A-FAUX (4/1) (18/3) : Partie non supportée d'une pièce ou d'un outil.



POULIE A ÉTAGES (7/5) : Groupe de poulies juxtaposées de diamètres croissants.

POUPÉE (2/2) : Pièce en fonte moulée qui supporte une broche tournante.

PRISE DE PASSE (16/2) : Avancement de l'outil à la profondeur de passe **P**.

R

RATTRAPAGE DE JEU (15/3) : Réduction du jeu de fonctionnement entre deux pièces glissant l'une sur l'autre.

RECOUVREMENT (27/2) : Excédent de métal protecteur laissé sur une pièce avant son traitement thermique.

RÉFLEXES (1/8) : Réactions nerveuses appliquées à l'exécution des gestes professionnels.

S

SAILLIE (17/5) (20/2) : Eminence irrégulière dépassant la surface normale d'une pièce de révolution.

SAINE (20/4) *(pièce saine)* : Sans défaut de matière.

SÉLECTION (2/5) : Réalisation d'un choix.

SEMELLE (2/2) : Partie orientable supportant le coulisseau supérieur pivotant.

SERVICE DES MÉTHODES (13/2) : Section technique d'une entreprise industrielle où sont déterminées les méthodes de travail à appliquer pour l'usinage.

STANDARD (planche E) : Homologué, choisi à l'exclusion de tout autre.

SURFAÇAGE (1/2) : Usinage de surfaces *(planes ou de révolution par exemple)*.

SCHÉMATIQUE (2/1) : Simplifié, mais techniquement complet.

T

TABLIER (2/2) *(ou traînard)* : Organe des chariots porte-outils qui recouvre le banc de tour et coulisse sur lui.

TETON (16/3) : Petit décolletage au centre d'une surface plane.

TOUCHE (19/2) : Elément de lunette qui guide ou maintient la pièce à tourner, sans interdire sa rotation.

TOURELLE (2/2) *(petite tour)* : Pièce située au sommet de l'organe porte-outil et recevant les outils de coupe.

TOURNER ROND (22/5) (17/5) : Tourner concentriquement.

V

VIBRATION (1/6) : Mouvement alternatif très rapide pouvant engendrer le broutage.

VOILAGE (20/2) *(ou voile)* : Apparence de flottement d'une surface plane tournante.

VOLANT (1/1) : Pièce cylindrique plate et lourde susceptible par sa rotation de régulariser un mouvement.

W

WOJCIK (4/6) : Ingénieur Lyonnais inventeur de nombreux dispositifs mécaniques.

●

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

m	Mètre
mm	Millimètre
0,1 mm	Dixième de millimètre
0,01 mm	Centième de millimètre
0,001 mm	Millième de millimètre
μ	Micron (0,001 mm)
m²	Mètre carré
cm²	Centimètre carré
mm²	Millimètre carré
dm³	Décimètre cube
cm³	Centimètre cube
dm³/h	Décimètre cube par heure
h	Heure
mn	Minute
s	Seconde
ϕ, **D** ou *d*	Diamètre
MAXI	Cote maximum
MINI	Cote minimum
IT	Intervalle de tolérance
SI	Système international
P ou **p**	Pas de filetage

L ou **l**	Longueur
H	Hauteur
SD	Surface de départ
SR	Surface de référence
°G	Degré centésimal
°	Dégré d'angle
′	Minute d'angle
″	Seconde d'angle
$V^{m/mn}$	Vitesse en mètres par minute
N ou $n^{t/mn}$	Vitesse de rotation en tours par minute
a^{mm}	Avance par tour ou par course
p^{mm}	Profondeur de passe
Mc	Mouvement de coupe
Ma	Mouvement d'avance
Mp	Mouvement de pénétration
$\hat{a}$	Angle de dépouille d'affûtage
$\hat{b}$	Angle de pente d'affûtage (ou d'attaque)
$\hat{c}$	Angle de direction d'affûtage

$\hat{d}$	Angle de tranchant d'affûtage
$\simeq$	Égale environ
p^{kg/cm^2}	Pression en *kg* par *cm²*
Pch	Puissance en chevaux-vapeur
F	Effort
R	Réaction
Fa	Effort d'avance
Fc	Effort de coupe
Fp	Effort de pénétration
R^{kg/mm^2}	Charge de rupture
HB	Dureté Brinnell (ancienn^t △)
~	Surface brute
▽	Surface usinée à gros traits
▽▽	Surface usinée à traits fins
▽▽▽	Surface lisse
kg	Kilogramme
t	Tonne (1 000 kg)
AR	Acier à coupe rapide

BIBLIOGRAPHIE

ANDROUIN : *Le travail des métaux aux machines-outils.*
SALMON : *Normes de réception des machines-outils.*
BLANPAIN : *Le tour parallèle.*
HENRIOT et G. BRODBECK : *Le tourneur.*
L. GOUPIL : *Le tourneur.*
SODANO : *Le tourneur-mécanicien.*

Principales normes françaises se rapportant aux travaux étudiés dans ce fascicule.

NF. E. 01.001	Dimensions linéaires nominales pour la mécanique
NF. E. 01.011	Conicités normales
NF. E. 02.000 à 036	Tolérances
NF. E. 03.001	Profil du filet SI
NF. E. 03.002	Profil du filet trapézoïdal
NF. E. 03.100	Jeux et tolérances de filetage
NF. E. 03.102 à 110	Vérification des filetages SI
NF. E. 04.011	Signes de façonnage
NF. E. 27.012	Dimensions des filetages (à partir de 3 mm)
NF. E. 60.002	Terminologie des organes de machines-outils
NF. E. 60.021	Vitesses et avances des machines-outils
NF. E. 60.022	Pas des vis-mères de tour
NF. E. 60.028	Unification des cadrans
NF. E. 60.051	Centres d'usinage pour travaux entre pointes
NF. E. 62.029	Diamètres maxima de passage au-dessus du banc
NF. E. 62.030	Longueurs admises entre pointes
NF. E. 62.102	Série normale des plateaux (diamètres)
NF. E. 62.104	Dimensions des mandrins à serrage concentrique
NF. E. 62.105	Pointes ordinaires pour machines-outils
NF. E. 66.062 et 063	Forets à centrer
NF. E. 66.201	Emmanchements à conicité Morse et à conicité 7/24 type américain
NF. E. 66.302 et 303	Sections des aciers à outil
NF. E. 66.311	Outils à charioter à dégrossir (droits)
NF. E. 66.312	Outils à charioter à finir (droits)
NF. E. 66.313	Outils à charioter à dresser (coudés)
NF. E. 66.314	Couteaux latéraux
NF. E. 66.321	Outils à raccorder et à dresser (coudés)
NF. E. 66.322	Outils à raccorder (coudés)
NF. E. 66.326	Outils à saigner, à défoncer, à planer
NF. E. 66.331	Outils à écrouter ou à retoucher (droits)
NF. E. 66.336	Outils à fileter extérieurement
NF. E. 66.551	Supports d'outils de tour et de rabotage
NF. X. 01.001	Nombres normaux

(Attention normes publiées avant 1950.)

Planche 1

LE TOUR ET LE TOURNEUR
Historique et généralités

CONSTRUCTION DU TOUR (cliché ERNAULT.B)

II
1. Tour de potier
2. Tour à archet
3. Tour parallèle primitif
4. Tour vertical

ÉVOLUTION HISTORIQUE DU TOUR

III
1. Le tour
H.d.P. = hauteur de pointe
E.P. = entre pointes
ϕ maxi.
D¹ = sur plateau
D² = sur tablier
D³ = alésage broche

2.3.4. Opérations de chariotage
a) extérieur
b) int. (alésage)
c) dressage

p = profondeur de passe

CARACTÉRISTIQUES DE TOURNAGE

IV
1. Cotation de ϕ.
2. Pas de faux rond a = défaut de forme $< \frac{IT}{2}$.
3. cylindricité $r^1 - r^2 \leqslant IT/2$
4. La cote réalisée.

QUALITÉ DU TOURNAGE

V
1. La pièce
2. Le dessin
3. Les outils

Hiérarchie directe
D¹ chef d'équipe
D² contremaître
D³ chef d'atelier

Hiérarchie fonctionnelle
F¹ méthodes
F² temps
F³ contrôle

POSTE DE TRAVAIL "TOURNAGE"

VI

PROFESSIONS du Tournage	Nombre d'Agents en France	Durée de la formation	Lieu de formation
Tourneur spécialisé	100.000	1 an environ	Divers
Tourneur qualifié	30.000	3 ans (CAP) + pratique	Centres d'Apprentissage
Chef d'équipe ou Régleur	4.000	5 ans	Promotion ouvrière (P.O)
Contremaître et Chef d'atelier	1.000	10 ans	CT – ENP et PO

CLASSEMENT DANS LA PROFESSION

Ire LEÇON

LE TOUR ET LE TOURNEUR
Historique et généralités

Voir planche I, fasc. I, 22e leçon

1. HISTORIQUE

Le tour fut utilisé dès l'antiquité *(plus de 2000 ans avant notre ère)* pour façonner les pièces de révolution :

Le tour de potier (fig. II, 1). Comme son produit, ***la poterie***, il reste souvent de nos jours identique au tour de jadis. La pièce en terre molle, montée sur un plateau tournant, est mise en forme par les mains du potier *(ses outils)*. Au bas de l'axe vertical un lourd volant* est maintenu en rotation par le pied du potier.

Le tour primitif horizontal (fig. II, 2).

Le tour antique à bois ou à pierre était, comme le tour de potier, animé par la force humaine. La pièce en œuvre y tourne entre deux pointes horizontales et l'outil s'actionne à la main ou au pied.

Les progrès sont d'abord très lents jusqu'à l'invention de la machine à vapeur. L'invention du tour parallèle avec chariot porte-outil par VAUCANSON date de 1760.

Depuis 1900, les besoins et les possibilités de l'industrie ont entraîné des perfectionnements de plus en plus rapides (puissance et précision). Le tour horizontal, devenu tour à charioter et à fileter (fig. II, 3), est remplacé souvent par d'autres machines : les tours d'opération et les tours automatiques.

2. TERMINOLOGIE

On appelle tournage toutes les opérations de surfaçage* sur pièces tournant concentriquement à leur axe de rotation.

La machine-outil utilisée par le ***tourneur*** pour ***tourner*** s'appelle le ***tour***.

Les principales opérations de tournage sont (fig. III, 3 et 4) :

Le chariotage cylindrique ou conique. *Production de surfaces cylindriques ou coniques au moyen du* ***chariot*** *porte-outil;*

Le dressage*. *Production de surfaces planes perpendiculaires à l'axe du tour;*

L'alésage. *Production de surfaces cylindriques ou coniques intérieures.*

3. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU TOUR PARALLÈLE (fig. III, 1) (NF.E.62.029-62.030)

Le tour est caractérisé par les dimensions maxima des pièces susceptibles d'être montées sur lui :

D : diamètre; **L** : longueur.

HdP : hauteur de pointe *(distance de l'axe de broche à la surface du banc)*.

EP : entre-pointes *(distance maximum d'écartement des deux pointes)*.

4. GÉNÉRATION DES SURFACES DE TOURNAGE (fig. III, 2)

Principe. Pour engendrer une surface, il faut appliquer à la pièce et à l'outil deux mouvements conjugués.

A la pièce un mouvement rapide circulaire de coupe **Mc**;

A l'outil un mouvement lent, rectiligne, uniforme **Ma**.

Ces deux mouvements sont perpendiculaires. Leur combinaison produit une trajectoire hélicoïdale correspondant au sillon que l'outil trace sur la pièce.

Ainsi, pendant la rotation de la pièce, l'outil se déplace lentement suivant la génératrice de la surface à produire. Le métal rencontré par l'outil est enlevé sous forme de copeau.

5. LES OUTILS DE TOURNAGE

Pour couper vite et bien les divers matériaux (bois, matières plastiques, métaux légers, métaux cuivreux, fontes, aciers), le tourneur utilise des outils capables de résister :

— A l'effort de coupe **F** : 1 à 1 000 kg;

— A l'usure par frottement et échauffement.

Les outils existent en deux produits principaux :

1° ***Acier à coupe rapide*** dit « Acier Rapide (**AR**) » découvert *en 1900 par Taylor (U. S. A.)*;

2° ***Carbure métallique*** découvert en 1928 aux U. S. A. et en Allemagne.

Ce dernier produit permet de grandes vitesses de coupe, même dans les métaux durs comme la fonte qui se coupe à la vitesse **V** = 100 à 200 m/mn.

L'AR coûte 1 000 f le kilogramme, le carbure 20 000 f le kilogramme *(1950)*.

6. QUALITÉ DU TOUR (fig. IV)

La qualité du tour se mesure à la précision des travaux que l'on y peut faire. Il n'est pas rare de travailler avec des tolérances de forme ou de dimension $\leqslant$ 10 µ.

Pour répondre à ces exigences, le tour doit être ***précis*** et ***robuste***.

Ex. : On veut tourner une pièce cylindrique ϕ 100 mm $\pm$ 10 µ à traits fins ∇∇. Il faut engendrer une surface caractérisée ainsi :

— De révolution *(pas de faux rond de l'axe)*;

— A génératrice rectiligne *(guidage de l'outil parallèle à l'axe du tour)*;

— De ϕ 100 $\pm$ 10 µ *(position de l'outil à 50 $\pm$ 5 µ de l'axe)*;

— Surface ∇∇ *(pas de vibration*, rigidité)*.

Tous les tours fabriqués actuellement peuvent et doivent, lors de leur achat, présenter de telles aptitudes. Un bon entretien est indispensable pour conserver au tour ses qualités d'origine.

7. RENDEMENT DU TOUR

Le rendement se mesure :

A la quantité de pièces que l'on peut tourner dans l'unité de temps *(heure ou minute)*.

Au volume de copeau que l'on peut y produire en 1 heure (***h***) par unité de puissance installée : le cheval (***ch***). Cette quantité s'appelle le débit en ***dm³/h/ch*** et peut atteindre 1 à 10 unités selon la nature du métal coupé.

Le rapport $\frac{\text{Puissance utile à l'outil en ch}}{\text{Puissance disponible au moteur en ch}}$ doit atteindre environ 80 % sur les tours en bon état de marche.

8. LES OPÉRATEURS (fig. V, VI)

L'évolution de la technique du tournage a une influence sur les aptitudes requises des opérateurs.

Le tourneur d'aujourd'hui est conducteur d'une machine puissante et rapide. Pour la diriger, il doit savoir lire les dessins et manœuvrer avec des réflexes* prompts.

L'usinage en série sur les tours automatiques requiert, en outre, le service de régleurs spécialistes, ouvriers hautement qualifiés* et de surveillants de machines.

Planche 2

LA PIÈCE, L'OUTIL, LE TOUR
Etude élémentaire

TOUR PARALLÈLE *(cliché S.P.E.M.O.)*

(II)

1 - banc
2 - poupée
3 - broche
4 - plateau
5 - tablier
6 - corps de chariot
7 - coulisseau transversal
8 - semelle
9 - coulisseau sup.
10 - support outil
11 - contre poupée
12 - fourreau
13 - pointe
14 - contrepointe
A, B - boîtes

CHAÎNE CINÉMATIQUE - TERMINOLOGIE

(III)

Avec 1 mouvement d'avance Ma.
1 - Ma // axe
2 - Ma oblique
3 - Ma ⊥ axe
4 - Ma // axe *(outil spécial)*

Avec 2 mouvements Ma
5 - $\frac{Ma^1}{Ma^2}$ = variable
6 - $\frac{Ma^1}{Ma^2}$ = c^{te}.

TOURNAGE des SURFACES

(IV)

1 - Chariotage cylindrique en 3 passes.
2 - Dressage en bout en 3 passes
3 - Tournage d'une surface de forme

LA PIÈCE ET L'OUTIL

(V)

USINAGE SUR TOUR PARALLÈLE *(cliché S.O.M.U.A)*

(VI)

1 - a. b. c concentriques *(axe fou)*.
2 - a et b perpendiculaires *(bout d'arbre)*
3 - a et b parallèles *(entretoise)*
4 - a et b concentriques b et c perpendiculaires *(pignon conique)*.

SURFACES ASSOCIÉES

2e LEÇON

LA PIÈCE, L'OUTIL, LE TOUR
Étude élémentaire

Voir planche 2, ce fasc., page 76, ce fasc., page 77

1. CHAINE CINÉMATIQUE SIMPLIFIÉE DU TOUR PARALLÈLE (fig. II)

On désigne ainsi la représentation schématique* des transmissions de mouvements, de coupe **Mc** et d'avance **Ma** à partir de l'organe moteur *(arbre de commande ou moteur électrique)* jusqu'aux organes récepteurs *(porte-pièce et porte-outil)*.

Chaîne cinématique = succession d'images.

Les différents points de ramification entre le moteur et les récepteurs illustrent bien le fonctionnement du tour.

La prise de mouvement pour la commande de l'organe porte-outil se fait sur l'organe porte-pièce.

2. TERMINOLOGIE (fig. II) (NF. E. 60.002)

Tour parallèle à charioter et fileter : c'est le nom donné aux tours horizontaux destinés originairement à l'exécution des surfaces de révolution et des filetages. Le tour comprend :

Le banc* (1) supportant l'ensemble.

L'organe porte-pièce : la poupée* (2) supporte la broche tournante ; la broche (3) supporte le plateau et les pointes (4) qui à leur tour supportent les pièces à usiner.

L'organe porte-outil : Le tablier* (5) qui coulisse sur le banc; le corps de chariot (6) fixé sur le tablier; le coulisseau* transversal (7) qui coulisse perpendiculairement au banc; la semelle* orientable (8); le coulisseau à coulisse d'équerre *(éventuel)*; le coulisseau porte-outil (9); la tourelle* carrée, support d'outil (10); la contre-poupée* (11) qui supporte le fourreau coulissant; le fourreau* (12) qui supporte la contre-pointe.

Nota. — De nombreux tours sont pourvus d'un deuxième porte-outil fixé à l'arrière du coulisseau transversal.

3. FONCTIONNEMENT DU TOUR (fig. IV)

Les mouvements Mc, Ma, Mp.

Les deux mouvements perpendiculaires : **Mc** *(coupe)* et **Ma** *(avance)* font produire à l'outil une surface de révolution.

Un troisième mouvement **Mp** permet de régler la position de l'outil en profondeur avant chaque nouvelle passe. Ce réglage est fait en prenant pour références :

L'axe du tour *(pour les surfaces cylindriques)*;

La surface du plateau porte-pièce *(pour les surfaces planes)*.

Mp est généralement perpendiculaire à **Ma.**

Permutation des mouvements Ma et Mp (fig. IV).

Chariotage cylindrique (fig. IV, 1). **Ma** est parallèle à l'axe, rectiligne, uniforme *(avec avance automatique à volonté)*.

Mp est perpendiculaire à l'axe. Il est commandé à la main entre chaque passe* jusqu'à mise à la cote finale.

Dressage en bout (fig. IV, 2). **Ma** est parallèle au plateau, rectiligne, uniforme *(avance automatique à volonté)*.

Mp est perpendiculaire au plateau. Il est commandé à la main entre chaque passe jusqu'à la mise à la cote finale.

Nous venons de constater qu'il est nécessaire d'avoir selon le cas, **Ma** parallèle ou perpendiculaire à l'axe et uniforme, **Mp** perpendiculaire ou parallèle à l'axe et commandé à volonté à la main.

Surface à génératrice quelconque (fig. IV, 3). La conjugaison des deux mouvements **Ma** et **Mp** pendant la coupe est parfois utilisée pour usiner des surfaces de révolution à génératrices non parallèles ou non perpendiculaires à l'axe.

Pour passer de **I** à **J** il faut, c'est évident, déplacer simultanément l'outil dans le sens **Mp** de la distance **Ip** et dans le sens **Ma** de la distance **Ia.**

4. SURFACES USINÉES SUR LE TOUR (fig. III)

Le tour est la plus universelle des machines-outils; il permet d'obtenir toutes les surfaces de révolution et certaines surfaces hélicoïdales.

Surfaces de révolution. La trajectoire de la pointe d'outil se confond avec la génératrice de la pièce en œuvre.

Trajectoire rectiligne. Selon l'angle α formé par la trajectoire de **Ma** avec l'axe de la pièce, nous avons :

$\alpha = 0°$: surface cylindrique (fig. III, 1);
$\alpha = 90°$: surface plane perpendiculaire à l'axe (fig. III, 3);
$\alpha = 0$ à $90°$: surface conique (fig. III, 2).

Trajectoire quelconque (fig. III). L'utilisation conjuguée des deux chariots à directions perpendiculaires permet d'obtenir deux mouvements d'avance dont les effets se combinent.

Si le rapport des deux avances est constant, la surface engendrée est conique (fig. III, 6).

Si le rapport = 1, le cône produit a une pente de 45°.

Avec un rapport variable des deux vitesses d'avance pendant la passe, il est possible d'imprimer à l'outil n'importe quelle trajectoire et d'engendrer des surfaces à génératrice galbée* ou quelconque (fig. III, 5).

Nota. — Ce principe sera appliqué pour le tournage des pièces suivant un gabarit* par le procédé dit *en reproduction*.

Surfaces hélicoïdales (fig. III, 4). Pendant que la pièce fait un tour, l'outil se déplace parallèlement à l'axe d'une quantité **a** = pas de l'hélice à produire.

Le bec* de l'outil a une forme particulière qui détermine le profil de cette surface.

Ex. : surface d'un filet de vis.

5. UTILISATION DU TOUR PARALLÈLE

La pièce est montée entre les pointes (**SR**) et entraînée en rotation par la broche, au moyen du toc.

L'outil est monté sur la tourelle carrée (**SR**).

Le mouvement de coupe **Mc** part du moteur et arrive à la broche *(pièce)* après sélection dans la boîte des vitesses **A.**

Le mouvement d'avance **Ma** part de la broche et arrive au chariot *(outil)* après sélection dans la boîte des avances **B.**

Le mouvement de profondeur de passe **Mp** est commande à volonté à la main par le tourneur.

6. SURFACES ASSOCIÉES (fig. VI)

Les pièces mécaniques usinées sur le tour sont limitées par des surfaces, principalement cylindriques, coniques ou planes. Ces surfaces occupent des positions relatives bien définies. Elles sont généralement concentriques ou perpendiculaires. C'est pourquoi il est recommandé d'usiner d'après les mêmes **SR** et sans démonter la pièce :

1° Toutes les surfaces planes nécessairement concentriques.

2° Toutes les surfaces planes nécessairement perpendiculaires à des surfaces de révolution.

Nous appellerons ***surfaces associées*** les surfaces qu'il convient d'usiner successivement, sans démontage de la pièce.

Remarque. — **Dans le travail en série, il est parfois économique de ne pas observer cette règle intéressant les surfaces associées. On pratique alors la méthode dite *travail en reprise* ou *travail par opération*.**

Planche 3

LES OUTILS DE TOURNAGE
Mode d'action et formes

OA//SR
OA//Mp
â_ angle de dépouille
b̂_ angle de pente d'affûtage
ĉ_ angle de direction
ω̂_ angle d'obliquité

CLÉS DE SERVICE D'UN TOUR (cliché WERMELINGER)

ANGLES D'AFFÛTAGE

III
Outils
a_ à congé
b/c_ à gorge
d_ à saigner
e/h_ à charioter
f_ à dresser
g_ à fileter
Opérations
b'/c'_ gorge
d'_ saignée
e'_ chariotage
f'_ raccordement
g'_ filetage
h'_ chanfrein

OUTILS ET OPÉRATIONS D'EXTÉRIEUR

IV
Outils
a_ à charioter
b_ à gorge
c_ à fileter
d_ à dresser
e_ à charioter
f_ à charioter
g_ Foret
Opérations
a'e'_ alésage
b'_ gorge
c'_ filetage
d'f'_ dressage

OUTILS ET OPÉRATIONS D'INTÉRIEUR

V
1_ Sens Ma.
D_ à droite
G_ à gauche
2_ Dressage (outils à dresser)
D_ à droite
G_ à gauche
3_ Dressage (outils couteaux)
D_ à droite
G_ à gauche
4_ Sens Mc.
A_ à l'endroit
B_ à l'envers

SENS des OUTILS de TOUR

VI
1/4_ Outil ébaucheur
défaut : forme altérée
2/5_ Outil de mise au rond
défaut : surface striée
3/6_ Outil de finition

LES TROIS TYPES D'OUTILS

3e LEÇON

LES OUTILS DE TOURNAGE
Mode d'action et formes.

Voir planche 3, fasc. I, 10e leçon, planche E, ce fasc., 27e leçon

1. QUALITÉS DES OUTILS DE TOUR

Un bon outil doit permettre :

— Un surfaçage précis *(forme et état de la surface coupée)*;
— Un gros débit de copeau (**V — a — p** maxima);
— Une durée de coupe prolongée entre deux affûtages.
— Un bon rendement mécanique *(économie de puissance)*.

Le copeau bien coupé se forme régulièrement et s'écoule sans à-coups.

L'outil comprend : le ***bec*** et le ***corps***.

2. LE BEC DES OUTILS DE TOUR (fig. II)

Sa forme dépend de trois éléments :

La nature des surfaces à produire d'où la forme et la direction de l'arête* tranchante. **ĉ** = angle de direction;

L'arête *(ou la tangente à l'arête)* est parallèle, perpendiculaire ou oblique à la trajectoire (**Ma**) de l'outil.

La nature du métal à couper d'où découlent les angles **â** de dépouille et **b̂** de pente.

La nature du métal constituant le bec de l'outil. Les outils à pastille* de carbure métallique coupent à très grande vitesse (100 à 500 m/mn) et leur température peut atteindre 800° C.

Les outils en acier rapide coupent à vitesse plus réduite (20 à 60 m/mn) et leur température ⩽ 500° C.

A ces deux échelles de température le copeau s'écoule différemment. Il en résulte des angles d'affûtage différents pour les **AR** et les carbures.

3. LES VALEURS D'AFFÛTAGE DES OUTILS DE TOUR (fig. II)

Angles de dépouille â et de pente normale b̂.

Matériaux usinés	AR		Carb.		Matériaux usinés	AR		Carb.	
	â	b̂	â	b̂		â	b̂	â	b̂
Bois	10°	50°			Acier R 40 . .	6°	30°	5°	15°
Caoutchouc . . .	»	»			— R 60 . .	6°	20°	5°	15°
Aluminium . . .	10°	35°	10°	0°	— R 80 . .	4°	10°	5°	12°
Laiton	6°	20°	4°	12°	— R 120 . .	4°	10°	5°	6°
Bronze	4°	10°	4°	8°	Fonte	6°	20°	5°	8°

Les angles **â** et **b̂** sont à considérer par rapport au plan axial du tour. Ils sont mesurés directement sur l'outil en prenant pour **SR** son propre plan de base.

Arête de coupe. Angle de direction ĉ (fig. II).

La forme de l'arête est déterminée par la ligne de sa projection sur le plan de base. Dans ce plan, la perpendiculaire à l'arête et la perpendiculaire à **Ma** forment l'angle **ĉ**.

Rayon de l'arête à la pointe de l'outil (fig. VI, 1, 4).

A l'exception des « outils-couteau* » (NF.E.66.314) et des « outils-pelle* » (NF.E.66.326) l'arête est courbe en son sommet.

Le rayon au sommet rend le bec moins sensible à la chaleur de coupe. **r** = 0,5 à 3 mm.

Obliquité d'arête : ω̂ 0° à 10°.

C'est l'angle que forme l'arête avec le plan de base **SR**.

Elle facilite l'écoulement du copeau et combat le broutage*.

4. LE CORPS DES OUTILS DE TOUR

De nombreux outils dont le bec est identique (même arête, mêmes angles d'affûtage) paraissent différents, parce que la forme du corps varie de l'un à l'autre.

Cette variation est commandée par la dimension et la position de la surface à couper. Ainsi :

1° Pour usiner une surface cylindrique intérieure *(alésage)*, il faut un outil à corps long et de section parfois réduite *(outil à aléser)* ou *(outil d'intérieur)*;

2° Pour dresser une surface, il faut fréquemment utiliser un outil à corps déporté *(outil coudé)*.

Section des corps d'outil. — On évite les fléchissements et vibrations de l'outil en adoptant des corps de forte section.

Sections rectangulaires : 12,5 × 22 ou 16 × 28.

Sections circulaires : ⌀ 8, 10, 12, 16, 20, 25.

5. SENS DE COUPE DE L'OUTIL (fig. V, 4)

La bonne utilisation de la machine-outil conduit à faire tourner la broche soit à l'endroit, soit à l'envers.

A l'endroit, le plateau tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre *(l'observateur regarde le plateau)*.

6. SENS D'AVANCE DE L'OUTIL (fig. V, 1, 2, 3)

L'exécution de deux surfaces semblables, mais disposées symétriquement, justifie l'emploi de deux outils semblables mais symétriques ; outil à droite **D** et outil à gauche **G**.

Le tourneur regardant de sa place l'outil en action distinguera même trois sortes d'outils d'après leur sens :

— ***Outil à droite,*** l'outil se déplace de droite à gauche;
— ***Outil à gauche,*** l'outil se déplace de gauche à droite;
— ***Outil droite et gauche,*** l'outil peut se déplacer en tous sens, dans le plan axial.

7. TERMINOLOGIE (NF.E.66.311 à 66.336) *(voir page 5)*.

Les outils sont caractérisés par :

La fonction : nature ou nom de l'opération à effectuer;
Le sens d'avance : **Ma** à droite ou à gauche;
La forme du corps : droit ou coudé, à aléser, etc.;
La section du corps : rectangulaire, carré ou circulaire;
La nature du métal de coupe : **AR** ou carbure.

Ex. : L'outil à charioter, à droite, droit, 12,5 × 22 AR coupant la fonte est numéroté : ***66.311 D.***

Or, tous les outils de tour sont désignés par un indicatif* débutant par ***E.66.3...*** La partie significative du numéro ***E.66.311 D*** sera donc ***II D.***

Remarque : Le nom principal donne à l'outil est tiré généralement de sa fonction ou parfois de sa forme active :

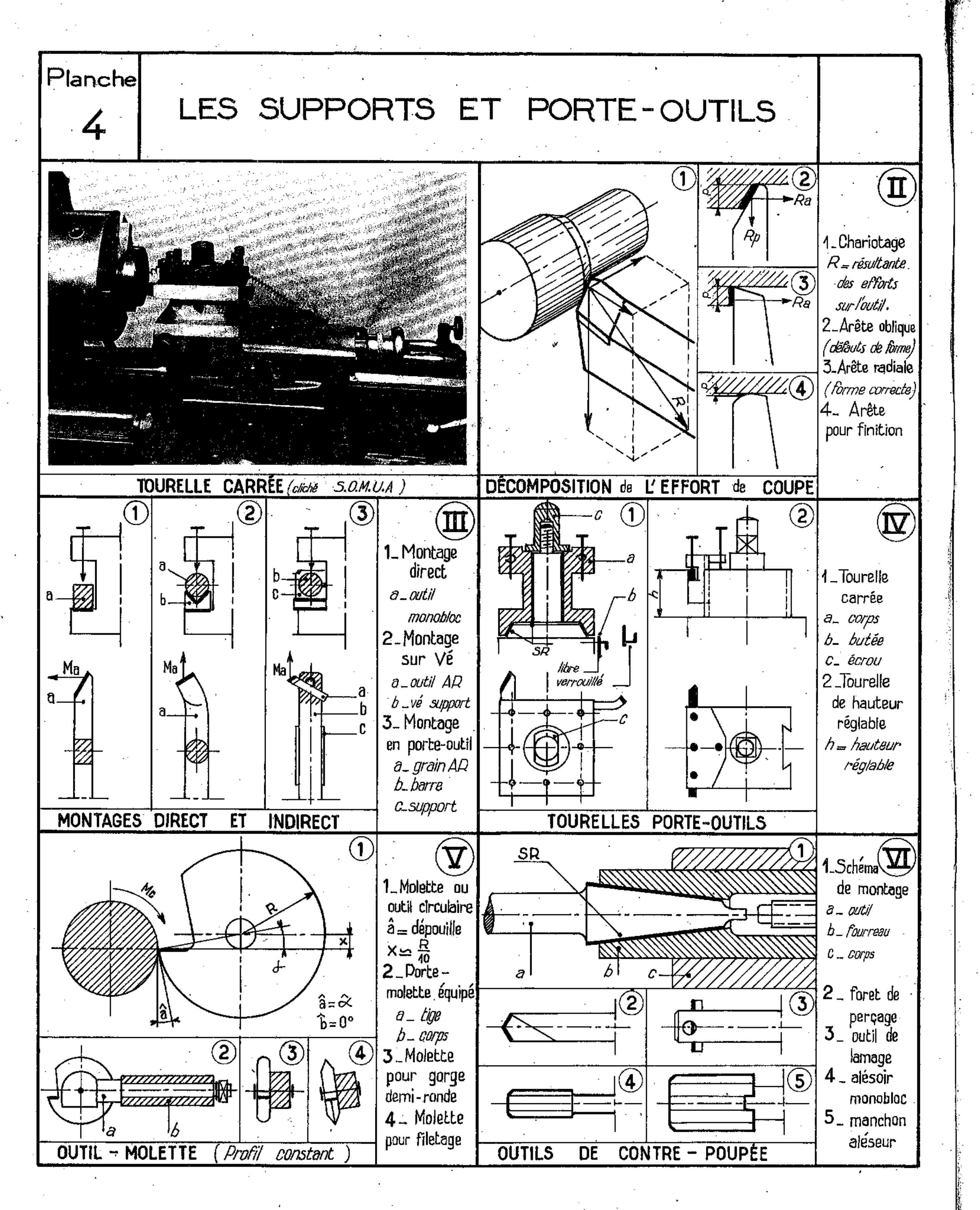
Outil à charioter (**63.311**) : qui exécute un chariotage;

8. OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES (fig. III et IV)

A chaque opération élémentaire correspond en principe un outil déterminé. Toutefois, cette règle n'est pas absolue. Certains outils conviennent à plusieurs emplois différents : Outil à charioter et outil-couteau pour surface cylindrique. Outil à dresser et outil-couteau pour surface plane.

9. LES TROIS TYPES D'OUTILS (fig. VI)

D'après l'orientation d'arête et la grandeur du rayon **r**.



4e LEÇON

LES SUPPORTS ET PORTE-OUTILS

Voir planche 4, fasc. 1, 13e leçon

1. PRINCIPE

Le support s'intercale entre l'outil et l'organe porte-outil. Il assure la transmission intégrale des mouvements d'avance et de pénétration. ***(trajectoire outil = génératrice pièce).***

Fonctions du support d'outil.

Il offre à l'outil une position correcte par mise en contact des **SR** avec, le cas échéant, emploi d'une cale de hauteur. L'arête est dans le plan axial pendant la passe.

Il unit l'outil au bloc porte-outil par bridage *(tourelle)* ou adhérence *(portée conique de la contre-poupée).*

Il résiste aux efforts de coupe *(régler au plus court le « porte-à-faux* » de l'outil).*

Porte-à-faux tolérable ≤ 2 **h**

(**h** = *hauteur ou diamètre du corps d'outil).*

Nota. — Les outils à aléser ont généralement un porte-à-faux > 2 **h**. Aussi, fléchissent-ils.

2. GRANDEUR ET INFLUENCE DES EFFORTS DE COUPE (fig. II)

Grandeur de l'effort de coupe.

L'effort **F**, fourni par le moteur, permet la formation du copeau. Sa grandeur dépend de la résistance de la matière à couper. Elle est aussi proportionnelle à la section **S** du copeau.

F ≃ 100 kg pour copeau de fonte, pour **S** = 1 mm^2;

F ≃ 150 kg pour copeau d'acier, pour **S** = 1 mm^2.

Pendant la coupe l'outil fléchit ainsi que la pièce si l'un ou l'autre sont peu résistants. Il en résulte des défauts de forme sur les surfaces coupées.

Influence de l'effort F et de la forme d'arête sur la surface coupée.

F est toujours perpendiculaire à l'arête de coupe. Trois cas :

Effort F important et arête oblique (fig. II, 2). Convient pour ébauche rapide: état de surface et précision médiocres.

Effort F moyen et arête perpendiculaire à la surface coupée (fig. II, 3). Convient pour demi-finition et régularisation de la forme. La surface est striée, mais géométriquement correcte.

Effort F faible et arête oblique avec courbe au sommet (fig. II, 4). Convient pour finition. La précision de forme est conservée. La surface est lisse (planée).

Nota. — Ces diverses remarques sont valables pour tous les types d'outils d'extérieur et d'intérieur.

L'outil à aléser ordinaire fléchit;

L'alésoir d'ébauche ou de finition à plusieurs lèvres symétriques ne fléchit pas *(malgré le porte-à-faux)*, car les efforts sur les différents becs s'équilibrent. Préférer l'alésoir à l'outil à aléser.

3. MONTAGE DIRECT DE L'OUTIL SUR SON SUPPORT (fig. III, 1)

Cette solution simple est généralement adoptée pour les outils d'extérieur.

La position est assurée par contact des **SR** *(avec calage à la demande)*. La **SR** de l'outil *(plan de base)* est usinée.

La mise de l'arête à hauteur est facilitée par l'usage de gabarit ou par référence à l'une des pointes.

Le bridage s'effectue par trois vis également serrées. Pression du bridage : 100 à 1 000 kg *(mettre une cale de protection entre vis et outil).*

4. MONTAGE INDIRECT DE L'OUTIL SUR SON SUPPORT (fig. III, 2, 3)

Certains outils ne peuvent pas être fixés directement sur le support, alors entre l'outil et le support se situe le ***porte-outil*** :

Outil d'intérieur, de section circulaire;

Outil d'extérieur, de faible section circulaire ou carrée *(grain*)* ou rectangulaire *(lame*)*.

La position de l'arête coupante en hauteur est assurée par mise en contact des **SR** des divers éléments constitutifs :

Grain.
Tige porte-grain.
Support de tige.
Support d'outil.
Cale éventuelle.
} Cette superposition justifie une fabrication très soignée des divers éléments des porte-outils et notamment de leurs **SR**.

Le bridage des divers éléments du porte-outil est effectué de préférence par un seul dispositif de blocage.

L'emploi de grains et lames ajustés dans des porte-outils est économique.

5. LES OUTILS A MISE BRASÉE OU SOUDÉE

La partie active en **AR** ou en carbure est assujettie sur le corps d'outil définitivement.

Tous les outils d'extérieur en carbure et la plupart de ceux en **AR** sont à mise brasée.

6. LES PORTE-OUTILS A RÉGLAGE RAPIDE

Principe. — Chaque outil appartient à un bloc qui peut se retirer pour être remis, à la demande, en action sans nouveau réglage.

Tourelle carrée (fig. IV, 1).

Les tours parallèles de construction française en sont munis.

La tourelle carrée reçoit 2, 3 ou 4 outils à présenter à tour de rôle sur la pièce en œuvre. Il suffit, pour passer de l'un à l'autre de débloquer la tourelle et de la faire tourner *(90° autour de l'axe vertical)*. La butée de position en rotation est automatique.

Il est possible de déterminer la position relative de chaque outil par rapport au nez de broche* ou par rapport à l'axe et de repérer cette position *(sur le tambour gradué correspondant).*

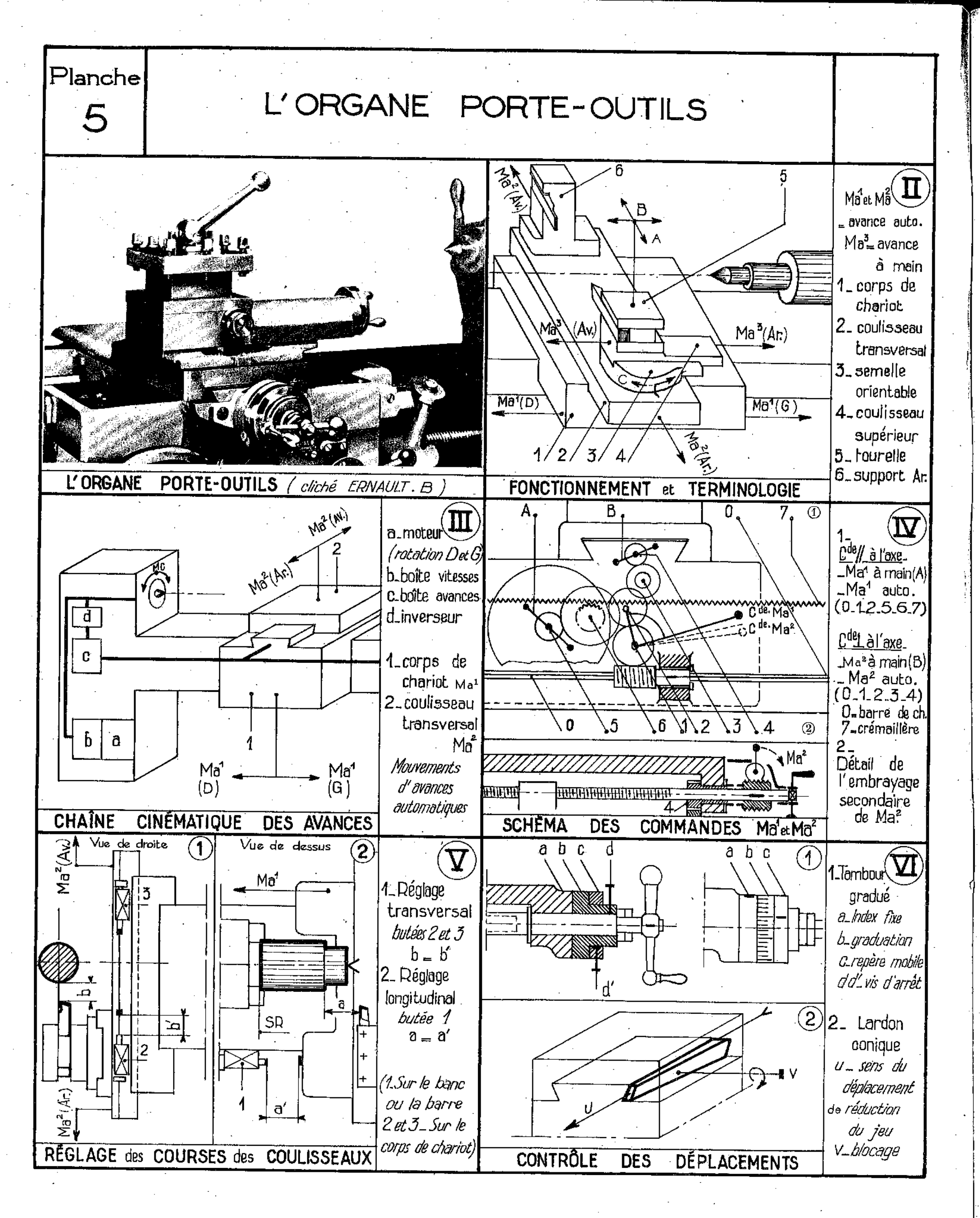
Porte-outil Wojcik*.

Chaque outil est monté à bonne hauteur sur un support particulier et peut être affûté sans être séparé de son support. A chacun des supports correspond un repérage de position par tambour gradué, ce qui permet un réglage très rapide, pour la mise aux dimensions des pièces en œuvre.

7. PORTE-OUTILS SPÉCIAUX (fig. V)

Aux outils d'extérieur monoblocs se substituent souvent des porte-outils à grains ajustés analogues au porte-outils d'alésage déjà étudiés. Il existe aussi des outils à molette intéressants pour les opérations suivantes : gorge, tombée, filetage, surface moletée, etc.

8. OUTILS MONTÉS SUR LA CONTRE-POUPÉE (fig. VI) pour opérations de perçage, alésage, etc.



5e LEÇON

L'ORGANE PORTE-OUTILS

Voir planche 5

1. PRINCIPE

L'organe porte-outils du tour parallèle assure le déplacement de l'outil dans un plan horizontal, en toutes directions et tous sens.

La pointe active de l'outil doit effectuer sa ***trajectoire*** dans le plan qui contient l'axe de révolution.

Fonctionnement. Le support d'outil est fixé sur un groupe de coulisseaux superposés glissant dans des coulisses horizontales diversement orientées.

L'observation d'un tour parallèle montre la nécessité et l'existence des coulissements suivants (fig. II) :

A. Coulissement parallèle à l'axe du tour ;

B. Coulissement perpendiculaire à l'axe du tour ;

C. Coulissement oblique à l'axe du tour *(angles variables).*

Remarques.

1. Les coulissements **A** et **B** conjugués permettent de réaliser toutes les trajectoires conformes aux génératrices des surfaces de révolution.

2. L'utilisation de **C** facilite le tournage conique et d'autres travaux *(son orientation est réglable à volonté).*

3. Les outils dont l'arête est conforme à la génératrice de la surface à usiner *(outils de forme)* utilisent un seul coulissement jusqu'à pénétration de l'outil à la profondeur désirée. L'outil travaille alors ***en plongée***.

2. TERMINOLOGIE (fig. II)

L'organe porte-outil comprend l'ensemble des éléments montés sur le corps de chariot.

3. CHAINE CINÉMATIQUE (fig. III)

Le mouvement d'avance (**Ma**) automatique du porte-outil est possible dans deux directions et pour chacune d'elles dans les deux sens :

— ***Parallèlement à l'axe*** par translation du corps de chariot **Ma^1** à droite (**D**) et à gauche (**G**).

— ***Perpendiculairement à l'axe*** par translation du coulisseau transversal **Ma^2** en avant (**Av**) et en arrière (**Ar**).

Ma peut également avoir lieu par commande à main *(dans le cas du chariotage conique, le coulisseau supérieur est en position oblique).* L'avance **a** est alors irrégulière **Ma^3** (fig. II).

Le mouvement de pénétration (**Mp**) généralement perpendiculaire à **Ma** est effectué à la main *(sauf tournage en reproduction).*

Le transport du mouvement **Ma** est assuré entre la boîte des avances et le corps de chariot par la barre de chariotage.

Nota. — Lorsque le tour parallèle est équipé pour l'exécution des filetages, il faut caractériser **Ma** par des valeurs **a** rigoureusement égales aux ***pas*** des filetages à produire. Pour y parvenir on utilise une commande indépendante au moyen d'une ***vis mère*** très précise dont le ***pas*** sert de référence à celui du filetage à produire. La vis mère engendre des filets de pas déterminés à 10 μ près. Son propre pas est de 3, 4, 5, 6 ou 12 mm.

4. FONCTIONNEMENT DES AVANCES ET DES PÉNÉTRATIONS (fig. IV)

Avances automatiques, longitudinales et transversales du porte-outil. Elles sont indiquées sur le tour ainsi que la manière de les sélectionner dans la boîte d'avances.

Leur valeur s'exprime en millimètres par tour de la broche (NF.E.60.021) de préférence selon la série Renard **Ra.5** (0,1 mm à 2,5 mm).

Nota. — Assez fréquemment, les avances **a** sont encore établies d'après les pas **SI** telles que : **a** = 0,1 **pas** dans le sens longitudinal, **a** = 0,05 **pas** dans le sens transversal.

Avances à main (a) et pénétration (p) (fig. VI, 1).

Les mouvements **Ma** et **Mp**, lorsqu'ils sont commandés à la main, sont contrôlés par des tambours gradués solidaires des volants de manœuvre.

A chaque tour de volant correspond un tour de la vis et le coulisseau porte-outil se déplace d'un pas.

Ex. : Pour 3 graduations du tambour à 50 divisions avec vis de commande au pas de 5 mm, le déplacement du coulisseau $= \frac{5 \text{ mm} \times 3}{50} = 0{,}3$ mm.

Remarque. — Le deuxième porte-outil, monté parfois à l'arrière du coulisseau transversal, est soumis exclusivement aux mouvements **Ma** et **Mp** de ce dernier.

Sécurité. — Le dispositif mécanique d'embrayage des avances est établi avec un système de sécurité qui interdit l'accomplissement de plusieurs mouvements automatiques simultanés du porte-outil *(filetage et chariotage).*

5. DISPOSITIF DE RÉGLAGE DES COURSES (Ma et Mp) (fig. V)

Le contrôle visuel des déplacements *(courses)* par lecture des tambours gradués est avantageusement remplacé par l'emploi de butées.

L'opérateur est averti que l'outil arrive en bout de course par l'entrée en contact du palpeur* *(solidaire de l'outil mobile)* avec le corps de butée *(solidaire de la coulisse fixe).*

Précision d'emploi des butées.

Elle dépend de leur sensibilité et de la constance de pression entre palpeur et corps de butée, lors du contact.

On comprend que la butée fixe ordinaire ne saurait convenir qu'à l'ébauchage (précision : 100 μ).

Butée de précision avec palpeur à pression constante.

Le palpeur fixe est remplacé par la tige d'un comparateur à cadran. Après réglage, la position de l'aiguille à la graduation **0** indique à l'opérateur la limite de course (précision : 5 μ).

Butée sans contact *(système pneumatique SOLEX).*

Le palpeur est remplacé par un gicleur de sortie d'air. L'approche du gicleur vers le corps de butée réduit l'orifice de sortie d'air. Après réglage l'indication de la limite de course apparaît à l'opérateur sur la colonne d'eau d'un tube manométrique. Le rapport d'amplification peut atteindre et dépasser 1 000 (précision : 1 μ). L'opération est dite « sans contact ».

6. DISPOSITIF DE RÉGLAGE DES JEUX (fig. VI, 2)

Seul, doit coulisser à frottement doux, sans jeu sensible, le guidage du mouvement d'avance **Ma** *(grâce au lardon* de réglage).* Les autres coulisseaux sont bloqués dans leur coulisse *(par un dispositif approprié).*

Ceci permet de réaliser un ensemble rigide *(sauf coulissement désiré).* Entre la pièce et l'outil il ne doit exister, pendant la coupe, que deux mouvements : **Mc** et **Ma**.

Planche 6

LES PIÈCES DE TOURNAGE

PIÈCES DE TOURNAGE *(cliché MACHINE MODERNE)*

II

Pièces tournées partout
1 – arbre
2 – pignon conique *(avant taillage)*
3 – douille

Pièces tournées partiellement *(pièces moulées)*
4 – support
5 – crapaudine

PIÈCES DE TOURNAGE

III

1 – Pièce entre pointes
SR = 2 centres
2 – Pièce brute sur plateau
SD = 3 points
3 – Pièce avec patin fraisé
SR = surf. d'appui sur équerre
4 – "
SR = surf. d'appui sur plateau

DÉPARTS D'USINAGE et S.R

IV

1 – Foret à centrer
2 – Centre ordinaire
d = Ø nominal
3 – Centre protégé
d = Ø nominal
a = protection
4 – Dimensions des centres en fonction de S et P

d	D	a	S mm²	P kg.
2	4	0,8	1	25
3	6	1	2,25	60
4	8	1,2	4	100

$d \begin{cases} \geqslant 2\sqrt{S} \\ \geqslant 0{,}4\sqrt{P} \end{cases}$

S = *Section du copeau* mm²
P = *Poids supporté* kg.

NORMALISATION DES CENTRES

V

1 – Pointe fixe à ressort
$F > F'$
2 – Butée axiale réglable

DISPOSITIFS de BUTÉE sur S.R

VI

1 – Portage correct
SR = SR'
2 – Mauvais
$\alpha \neq 60°$
3 – Mauvais (axe mal orienté)
4 – Les deux centres ne sont pas sur un même axe.

FORME et ALIGNEMENT des CENTRES

6e LEÇON

LES PIÈCES DE TOURNAGE

Voir planche 6

1. CLASSIFICATION DES PIÈCES SIMPLES DE TOURNAGE (fig. II)

Les pièces entrant dans les constructions mécaniques comportent très souvent diverses surfaces de révolution usinables économiquement sur le tour.

Usinage total sur le tour. — Quand toutes les surfaces usinées sont concentriques.

Ex. : Arbre, galet, poulie, douille.

Il faut « partir du brut » pour situer la pièce *(balançage*)*.

Usinage partiel sur le tour. — Quand le tournage à faire se situe parmi d'autres opérations, telles que fraisage ou rabotage.

Ex. : Support, palier, crapaudine*.

Généralement, on prend alors pour référence de tournage des surfaces usinées préalablement sur d'autres machines-outils.

2. SURFACES DE DÉPART (SD) DE TOURNAGE DES PIÈCES BRUTES (fig. III)

Principes.

1° L'axe de rotation de la pièce doit se confondre avec celui du tour.

2° La pièce doit demeurer à une position convenable et constante le long de cet axe pendant la coupe.

Il faut donc à la pièce des points d'appui qui la situent en position. On les nomme ***points de départ*** d'usinage. Ils peuvent constituer selon le cas : un axe de départ, ou une surface de départ, ou un axe et une surface de départ associés.

Cas principaux :

Pièce cylindrique et longue (fig. III, 1)

Ex. : Arbre simple ou épaulé*.

Il faut un axe de départ qui sera matérialisé par les centres. La pièce sera tournée entre pointes.

Pièce cylindrique et courte (fig. III, 2)

Ex. : Poulie.

Il faut une surface de départ et un axe. La pièce sera tournée sur plateau ou sur mandrin à mors.

3. SURFACES DE RÉFÉRENCE (SR) DE TOURNAGE DES PIÈCES PARTIELLEMENT USINÉES SUR LE TOUR (fig. III)

Principes. Les surfaces usinées préalablement servent de références car elles sont définitives, d'où leur nom : surfaces de référence.

Généralement, les pièces s'assemblent entre elles par leurs **SR**, et la surface de contact la plus vaste constitue la surface de référence principale (**SR_1**). Après l'usinage de **SR_1** sur fraiseuse ou raboteuse, la pièce est envoyée au tournage pour exécution des surfaces de révolution.

Cas principaux :

L'axe de tournage est parallèle à une SR_1 usinée préalablement (fig. III, 3)

Ex. : *Support-palier.* Le patin **SR_1** doit être plaqué parallèlement à l'axe du tour et à une distance généralement très précise de cet axe. La pièce sera tournée sur plateau muni d'une équerre de montage.

L'axe de tournage est perpendiculaire à une SR_1 usinée préalablement (fig. III, 4)

Ex. : *Crapaudine.* Le patin **SR_1** doit alors être plaqué perpendiculairement à l'axe du tour. La pièce sera tournée en plateau après centrage.

4. BALANÇAGE DES PIÈCES

Avant de monter la pièce sur le tour, il faut s'assurer que la matière est convenablement répartie et en suffisance. Partout où l'outil de coupe passera, doit exister un excédent de matière appelé surépaisseur (1 à 5 mm).

Dans le cas des pièces venues de fonderie, le modeleur et le fondeur ont été informés de la surépaisseur à prévoir par des indications portées sur les plans.

Ex. : Prévoir surépaisseur de 3 mm s'écrit : $\nabla\overline{\ \ }^{3}$.

Le balançage de la pièce peut nécessiter exceptionnellement le tracé de ses plans principaux.

Généralement, quelques mesures au réglet sont suffisantes.

5. CENTRAGE DES PIÈCES

Cette opération consiste à pratiquer dans l'axe, aux extrémités des pièces cylindriques à tourner entre pointes, des logements coniques à 60° épousant les **SR** des pointes.

Ces logements appelés ***centres****, constituent les **SR** des pièces.

Forme des centres (NF.E.60.051) (fig. IV, 2, 3).

Centre ordinaire. — Conicité 60° *(exceptionnellement 90° pour les pièces très lourdes)*.

La surface conique seule est **SR**. L'avant-trou cylindrique reçoit l'huile en réserve, pour lubrification des surfaces frottantes *(côté contre-pointe)*.

L'emploi des pointes tournantes à billes ou à galets supprime l'obligation du graissage. Cependant l'avant-trou demeure nécessaire pour dégager l'extrémité de la pointe.

Centre protégé. — Sur les centres ordinaires, l'entrée de la surface conique (**SR**) est très vulnérable aux chocs. De plus, elle est affectée par le dressage éventuel des bouts de pièce. On remédie à cet inconvenient en protégeant la surface conique par un embrèvement*.

Les centres protégés sont recommandés dans tous les cas où la pièce doit être remise plusieurs fois entre pointes.

Choix de la dimension des centres (fig. IV, 4).

Les pointes de tour et les **SR** des centres qui les coiffent supportent des efforts élevés :

1° Le poids de la pièce en œuvre *(réparti sur les deux pointes)*;

2° L'effort de coupe *(concentré parfois sur une seule pointe quand l'outil est en bout de passe)*.

Il en résulte pour les pointes :

— Des fatigues de frottement, d'où risque de grippage*;

— Des fatigues de cisaillement, d'où risque de rupture.

Les centres sont caractérisés en dimension par le diamètre de l'avant-trou (fig. IV, 4).

Le centre de tournage ordinaire ou protégé est réalisé au moyen d'un ***foret à centrer*** ordinaire ou d'un ***foret pour centre protégé***. Ces ***outils de forme*** coupent et creusent une empreinte conforme à leur extrémité. (NF.E.66.062.63) (fig. IV, 1).

Conditions de bon service des centres (fig. VI)

Les **SR** des centres doivent épouser les **SR** des pointes portant la pièce à tourner. Pour cela il faut que :

1° Chaque centre ait sa **SR** correcte *(conicité 60°)*.

2° Les axes des deux centres soient confondus.

Remarque (fig. V). — L'exécution préalable de **SR** planes en bouts d'arbre, sur pièce, centrée ou non, permet ensuite de travailler en butée sur **SR** dans des conditions très économiques.

Planche 7

L'ORGANE PORTE-PIÈCE

COMMANDE AVEC HARNAIS (cliché ERNAULT.B)

(1) (2) II

a_ broche
b_ roulements à galets coniques (palier avant)
c_ roulement (palier arrière)
d_ poulie indépendante
e_ roulements de la poulie
f_ embrayage
2 _ broche seule

c e d e f b a SR SR

POUPÉE DE TOUR

(1) (2) (3) III

b d a c

1_ Schéma d'un harnais
Coefficient de réduction $= \frac{c \times b}{a \times d}$
2_ Au harnais engrenages en prise _doigt dégagé
3_ A la volée engrenages débrayés _doigt engagé

SCHÉMA DE HARNAIS DE TOUR

IV

Rc.¹ Rc.² Fc Fp Fa Ra Rp

Efforts
Fc_ coupe
Fa_ avance
Réactions
Rc^1 pointe
Rc^2 contrepointe
Ra_ avance
Rp_ pénétration
Remarque : Le poids de la pièce s'ajoute à Fc.

EFFORTS ET RÉACTIONS DE COUPE

(1) (2) V

b piston a

1_ Le fourreau est en bout de course La contrepointe est décollée
2_ Principe d'une contre-poupée hydraulique
a_ distributeur
b_ blocage

CONTRE-POUPÉE de TOUR

VI

a 3 1 b b' 2 c

a_ blocage du fourreau
b.b'_ 2 vis de réglage axial
c_ blocage sur le banc
1 _ corps
2 _ semelle
3 _ fourreau

RÉGLAGE et BLOCAGE de CONTRE-POUPÉE

7e LEÇON

L'ORGANE PORTE-PIÈCE

Voir planche 7

1. PRINCIPE

L'organe porte-pièce du tour parallèle reçoit le mouvement de rotation **Mc** et le transmet à la pièce qu'il supporte.

L'axe de rotation est parallèle au mouvement longitudinal d'avance **Ma** du corps de chariot porte-outil et perpendiculaire au **Ma** du coulisseau transversal.

2. TERMINOLOGIE

La poupée fixe et la contre-poupée constituent l'organe porte-pièce.

La poupée fixe (fig. II) comprend :

— Le corps de poupée fixe, réglé en position fixe par le constructeur;

— La broche qui tourne dans le corps de poupée et se termine à l'avant par le nez de broche;

— La pointe vive *(qui tourne)* bloquée en bout de broche.

La contre-poupée (fig. V) face à la poupée fixe comprend :

— Le corps, bloqué à la demande sur sa semelle;

— La semelle, bloquée sur le banc à la demande;

— Le fourreau, qui coulisse dans le corps *(normalement son axe coïncide avec celui de la broche)*;

— La pointe fixe *(qui ne tourne pas)* ou contre-pointe, bloquée en bout du fourreau.

3. MISE EN PLACE DE LA PIÈCE

Un montage correct est caractérisé par :

— La ***coïncidence*** des **SR** de la pièce et du porte-pièce *(pointes ou plateau)*;

— Un ***entraînement*** positif de la pièce par la broche.

Ces deux conditions sont réalisées différemment suivant la forme de la pièce.

Montage en l'air. La pièce, rigoureusement solidaire de la broche pendant la coupe, forme avec elle un bloc. L'axe de la pièce et celui de la broche sont donc confondus.

Montage entre pointes. La pièce montée entre pointes est en position correcte quand la pointe de contre-poupée se trouve dans l'axe de broche. La pièce qui tourne folle sur les pointes doit être alors assujettie à la broche par un lien en deux éléments : le ***toc*** et le ***plateau pousse-toc.***

4. INFLUENCE DES EFFORTS DE COUPE (fig. IV)

Examen du cas normal : tournage extérieur, à l'endroit, outil à droite.

Côté broche:

Rc^1 soulève le nez de broche *(palier)*. **Fa** repousse la broche longitudinalement *(butée)*. **Fp** repousse la broche transversalement *(palier)*.

Côté fourreau:

Rc^2 soulève le bout du fourreau. **Fa** a un effet nul. **Fp** repousse le bout du fourreau transversalement.

(Les effets s'aggravent en fonction des dépassements du nez de broche et du fourreau.)

Remarque 1. — Le poids de la pièce s'exerce à l'opposé de la réaction de coupe **Rc**, quand on coupe à l'endroit.

Remarque 2. — Quand on coupe à l'envers, le poids de la pièce s'ajoute à **Rc**. La broche est alors constamment plaquée sur le palier de tête, ce qui supprime la tendance au broutage.

5. FONCTIONNEMENT DE LA BROCHE

Le mouvement de rotation **Mc** issu du moteur arrive à la broche après passage dans une boîte des vitesses.

Généralement, le moteur tourne à 1 500 t/mn à droite ou à gauche *(inverseur de courant électrique)*.

La boîte des vitesses permet de modifier ce nombre de tours.

Les vitesses sont indiquées sur le bâti du tour, ainsi que la manière de les sélectionner dans la boîte des vitesses.

Gamme des vitesses de rotation de la broche.

Sur les tours parallèles, la gamme des vitesses de rotation s'établit suivant les termes d'une progression géométrique des séries Renard (NF.E. 60.021).

Ex. : 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 200 t/mn.

B. **Détermination de la vitesse de rotation.**

Ex. : $\mathbf{V} = 100^{m}$, $\mathbf{D} = 32^{mm}$,

$$n = \frac{100\,000}{3{,}14 \times 32} = 1\,000 \text{ t/mn.}$$

Ce nombre de tours est disponible sur la machine. L'étude détaillée du choix de ***n*** est faite à la quatorzième leçon.

Nota. — Certains tours anciens sont munis d'une broche commandée par « poulie à étages* » et harnais de réduction des vitesses *(trois ou quatre vitesses à la volée et autant au harnais)* (fig. III).

Ce dispositif comporte les inconvénients suivants :

1° Vitesses angulaires trop peu nombreuses et mal étagées;

2° Glissement des courroies;

3° Perte de temps pour changer de vitesse.

6. FONCTIONNEMENT DE LA CONTRE-POUPÉE (fig. V et VI)

Une vis commandée par volant à main fait avancer ou reculer le fourreau en direction de la poupée. En fin de course retour du fourreau; l'extrémité de la vis appuie sur l'arrière de la pointe et décolle celle-ci de son logement *(cône Morse numéro 3 ou 4)*.

Réglage de distance entre pointes. Se fait en deux temps:

1° Approximatif : position du corps sur le banc;

2° Définitif : coulissement du fourreau.

Alignement avec l'axe de la broche. Se fait par translation du corps de poupée sur sa semelle *(mouvement horizontal perpendiculaire à l'axe)*.

Blocage de la contre-poupée. Se fait en deux temps.

1° Blocage du corps sur le banc;

2° Blocage du fourreau dans le corps.

Fonctionnement de la contre-poupée comme porte-outil d'intérieur

Des outils de dimensions fixes, montés à la place de la contre-pointe, peuvent percer, aléser, lamer, tarauder, etc.

Il y a un seul mouvement possible de l'outil, le **Ma** parallèle à l'axe du tour, en direction du nez de broche. Il est donné à la main par manœuvre du volant.

7. RÉGLAGE DES JEUX

Les jeux excessifs de la broche ou du fourreau rendent impossible tout travail de précision *(forme, dimensions, état des surfaces)*. Il est indispensable de les régler.

Côté broche. Les deux paliers sont à rattrapage de jeu ainsi que la butée.

Côté fourreau. Le coulissement dans le corps doit être de la qualité **H 7-g 6**. Pendant la coupe, l'ensemble contre-poupée est bloqué.

Planche 8

APPAREILLAGES POUR TOURNAGE EN L'AIR

MANDRIN PNEUMATIQUE (cliché S.R.M.O)

NEZ DE BROCHES

II
1 _ Nez fileté
2 _ Nez conique français
a _ entraîneur
b _ fixation
3 _ Nez conique américain
a _ clavette
b _ écrou de blocage

APPAREILS POUR PIÈCES BRUTES

III
1. Mandrin à serrage concentrique (mors d'int.)
2 _ Mors dur d'ext.
3 _ Mors démontable à bloc d'acier doux
4 _ Plateau à 4 mors ind.
5 _ Mors à pompe sur plateau

MANDRINS et PLATEAUX pour REPRISE

IV
1 _ Mandrin 3 mors doux (travail en reprise)
2 _ Plateau avec centrage de reprise
b _ tête de boulon tournée en place
3 _ Plateau avec centrage excentré

TOURNAGE sur EQUERRE

V
1 _ Tournage d'un support
a _ plateau
b _ équerre
c _ contrepoids
2 _ Réglage de l'équerre
a _ mandrin cylindrique étalon
e _ jeu de cales $= h - \frac{D}{2}$

OUTILLAGE pour REPRISE en L'AIR

VI
1 _ Mandrin lisse avec butée
2 _ Mandrin expansible avec butée
a. douille conique fendue
3 _ Bague fendue alésée conique pour reprise

8e LEÇON

APPAREILLAGES POUR TOURNAGE EN L'AIR
Plateaux et mandrins.

Voir planche 8, ce fasc., 17e, 22e et 23e leçons

1. CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES SUPPORTS POUR PIÈCES EN L'AIR (fig. II).

Les pièces de révolution, courtes (**L** < **D**) sont maintenues sur le porte-pièce par une extrémité seulement. L'autre est en porte-à-faux *« en l'air »*.

Le support de pièce forme, avec la broche, un ensemble indéréglable. C'est un lien rigide qui unit la pièce à la broche. Il permet de réaliser le bloc : broche-support pièce. *(Voir planche 7.)*

Côté nez de broche. Deux solutions :

Une **SR** cylindrique de centrage associée à une **SR** plane formant butée (fig. II, 1).

Une **SR** conique constituant simultanément centrage et butée (fig. II, 2, 3). La solution **2** est la meilleure.

Côté pièce. La variété des pièces mécaniques *(formes et dimensions)* conduit à utiliser une grande variété de supports. Toutefois, on rencontre toujours sur les supports :

SR[1] de centrage } avec les serrages correspondants.
SR[2] de butée }

Les supports sont donc caractérisés par leur forme, leurs **SR**, leur fonctionnement. On les appelle mandrins et plateaux.

2. MANDRINS ET PLATEAUX POUR PIÈCES BRUTES (fig. III)

La pièce est généralement plaquée en butée ou au moins dégauchie, par sa **SD** perpendiculaire à l'axe. Selon la régularité de la forme, on emploie divers supports de pièce.

Mandrin à trois mors durs à serrage concentrique (NF. E. 62.104) (fig. III, 1, 2, 3).

Les mors sont en acier trempé, à serrage simultané *(concentrique)*. La pièce est dégauchie dans le plan perpendiculaire à l'axe par les trois repos de mors (**SR**[2]). Les trois surfaces de contact (**SR**[1]) parallèles à l'axe constituent à la fois des appuis de centrage et des points de serrage.

Les mors sont réversibles, ce qui permet de serrer des pièces cylindriques pleines par l'extérieur et des pièces cylindriques creuses par l'intérieur. Diamètres des mandrins : 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500.

Plateau à quatre mors indépendants (NF.E.62.102) (fig. III, 4).

Les mors sont trempés et généralement réversibles. Chacun d'eux est serrable isolément, d'où la possibilité de serrer des pièces de formes variées *(crapaudine à patin rectangulaire, pièce excentrée, etc.)*.

C. **Plateau à trous** (NF. E. 62.102) (fig. III, 5).

Il porte des trous ovalisés ou lumières permettant le passage de tiges de boulons. Sur ces plateaux, des pièces de formes très diverses peuvent être calées, puis serrées. Diamètres des plateaux ⌀ : 230 à 800.

3. MANDRINS POUR PIÈCES PRÉALABLEMENT USINÉES PARTIELLEMENT (fig. IV, 1)

Les surfaces usinées avant l'opération considérée constituent **SR**. Elles doivent être conservées en parfait état, sans marque de serrage notamment. En conséquence les **SR** correspondantes du support seront parfaitement lisses et usinées avec précision.

Les mors, ainsi préparés à la demande, sont en acier **R** ≃ 60 kg/mm² *(d'où l'expression : **mors doux**)*.

Travail en reprise en mors doux (fig. IV, 1).

Le montage en mors doux permet de placer les pièces à tourner très rapidement *(temps 0,2 à 1 mn pour une pièce de 1 à 3 kg)*. Les erreurs de position en butée et centrage sur l'axe de broche sont limitées à 10 μ environ. On peut donc, pour les travaux en série, monter successivement toutes les pièces pour une opération seulement, puis les remonter de même pour les opérations suivantes, toujours d'après les mêmes **SR** *(d'où l'expression : **tournage en reprise**)*.

Le mandrin utilisé est celui à trois mors étudié plus haut.

Les mors trempés ont été remplacés par des blocs d'acier ordinaire, dans lesquels on pratique l'empreinte de reprise constituant **SR**[1] *(centrage)* et **SR**[2] *(butée)*.

Travail sur équerre (fig. V).

Ce procédé intéresse les pièces dont l'axe de tournage est parallèle à une surface plane préalablement usinée (**SR**[1]).

Ex. : *Alésage d'un palier dont le patin est déjà dressé.*

Sur le plateau à trous, une équerre est réglée et fixée à une distance de l'axe égale à la ***hauteur d'axe*** du palier *(précision de **h** ≃ 10 μ)*.

Avant de brider la pièce, il est bon de prévoir des butées arrêtant sa position sur la face de l'équerre *(ne pas oublier d'équilibrer)*.

Travail sur cochonnet* ou centrage (fig. IV, 2, 3).

Le travail des pièces comportant, en usinage préalable, une surface cylindrique **SR**[1], précédée d'une surface dressée perpendiculaire **SR**[2] peut être fait en reprise.

Sur centrage (fig. IV, 2) : pour les pièces avec portée cylindrique extérieure.

Le centrage est constitué par au moins trois plots en acier doux, fixés sur le plateau à trous. On pratique un embrèvement à la demande *(⌀ et butée)* ce qui fournit les **SR**[1] et **SR**[2].

Sur cochonnet : les pièces avec alésage.

Le cochonnet est fixé en bout de broche ou sur le plateau à trous puis tourné à la demande.

Remarque 1. — Le travail sur cochonnet ou sur centrage ressemble au travail en mors doux pour la mise en position de la pièce. Par contre, le serrage doit être assuré par un dispositif supplémentaire *(bride ou vis)*.

Remarque 2. — Dans certains cas, le cochonnet ou le centrage sur plots sont décentrés par rapport à l'axe du tour, en vue de réaliser sur une même pièce plusieurs surfaces de révolution à axes parallèles *(bielle par exemple)* (fig. IV, 3).

4. MANDRINS* LISSES EN L'AIR POUR PIÈCES PRÉALABLEMENT ALÉSÉES (fig. VI, 1, 2)

Ce type de support convient pour les pièces comportant plusieurs surfaces concentriques, dont un alésage.

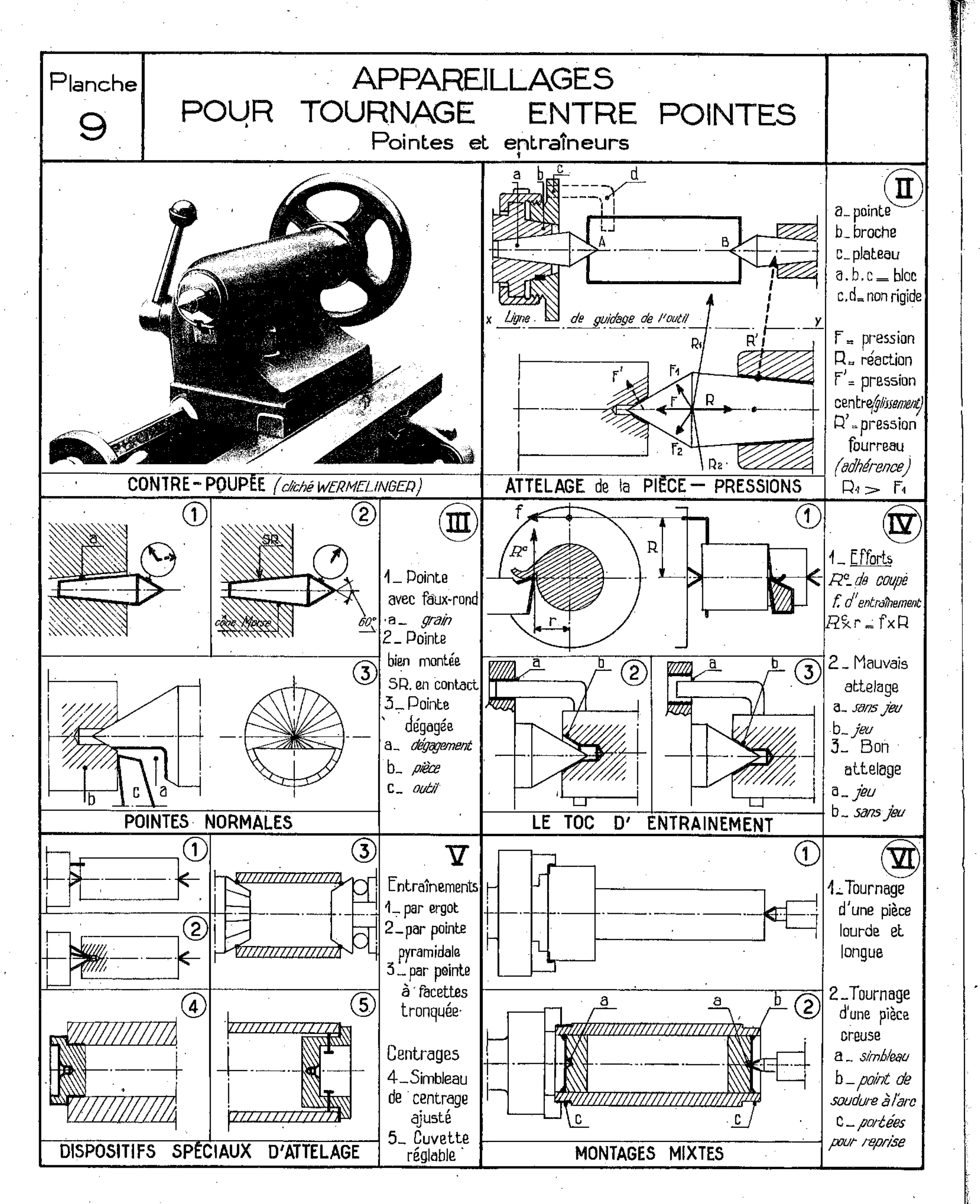
Après tournage de l'alésage **SR**[1] et de la face avant **SR**[2] sur mandrin à mors trempés, la reprise s'effectue sur mandrin lisse pour l'exécution des autres surfaces laissées brutes.

Premier cas. Mandrin lisse avec serrage en bout (fig. VI, 1)

L'entraînement a lieu par adhérence de la face dressée **SR**[2] sur l'épaulement du mandrin.

Deuxième cas. Mandrin expansible (fig. VI, 2), l'entraînement a lieu par adhérence de l'alésage **SR**[1] sur l'extérieur d'une douille à diamètre expansible.

Les mandrins de reprise à queue conique sont de préférence en acier traité et rectifié *(tolérance de faux-rond ≃ 10 μ)*.



9e LEÇON

APPAREILLAGES POUR TOURNAGE ENTRE POINTES
Pointes et entraîneurs.

Voir planche 9, ce fasc., 18e leçon

1. PRINCIPE (fig. II)

Les pièces de révolution de longueur **L** $>$ 4 **D** sont tournées entre pointes.

Les pointes supportent la pièce en œuvre. Un dispositif d'entraînement relie la pièce à la broche tournante.

L'axe des deux pointes se confond axec l'axe de la broche. Cet axe commun est parallèle à l'arête de guidage du banc *(après réglage des poupées **AB parallèle à xy**)*.

2. LES POINTES SUPPORTS DE PIÈCES (NF.E.62.105) (fig. III)

Surfaces de références des pointes. Elles sont coniques, ce qui favorise la concentricité et la rigidité des groupes (broche-pointe vive) et (fourreau-contre-pointe).

Côté broche et côté fourreau : Tronconique au cône Morse nº 3 à 5, le plus fort possible pour accroître les **SR.** *(adhérence par frottement)*.

Côté pièce : Conique à 60º. **SR** efficace pour les positions axiale et longitudinale. La conicité 60º n'engendre pas d'adhérence. La pièce montée peut tourner folle sur les pointes.

La pointe vive ou tournante côté poupée et la pointe fixe ou contre-pointe côté contre-poupée peuvent être de forme identique *(queue au cône Morse, pointe à 60º de conicité)*.

Remarquons toutefois que seule la contre-pointe est soumise au frottement.

Les pointes vives.

Sont en acier R = 80 kg, qualité **6** et **SR** ▽▽▽. Après montage soigné dans le nez de broche, la pointe doit être vérifiée en concentricité au comparateur.

Nota. — Sur des tours de précision médiocre *(cône intérieur de broche désaxé)* il peut être utile de rectifier en place le cône de pointe.

Les contre-pointes ou pointes fixes :

Sont en acier trempé et rectifié, qualité **6** et **SR** ▽▽▽.

Contre-pointe ordinaire conforme à la pointe vive *(lubrifier)*.

Contre-pointe à bout dégagé (fig. III, 3) utilisée lors du dressage de face en bout d'arbre. La partie dégagée regarde l'outil.

Contre-pointe à roulement. Au glissement des **SR** est substitué un roulement. La contre-pointe à billes ou à galets est très utile pour les travaux de tournage car :

A l'ébauche ***l'effort*** de frottement est réduit malgré un effort de coupe élevé. En finition à grande vitesse, ***la puissance*** de frottement est réduite malgré une grande vitesse de coupe.

3. LES ENTRAÎNEURS DE PIÈCES ENTRE POINTES (fig. IV)

Caractéristiques générales des entraîneurs.

L'entraîneur est un lien non rigide qui unit la broche à la pièce. Un accouplement rigide formant un bloc broche-pièce présenterait, dans le cas du tournage entre pointes, les risques suivants :

Possibilité de flexion des pointes au moment dù blocage de l'entraîneur avec mauvaise portée des **SR** pièces-pointes (fig. IV, 2).

Pression axiale de la contre-pointe difficile à apprécier. La pièce doit pouvoir tourner folle sans jeu sur les pointes.

Au début du travail, l'entraînement de la pièce s'amorce brusquement. On entend un bruit de choc *toc*. ***Toc*** est le nom habituel de l'élément d'entraînement monté sur la pièce à tourner entre pointes.

Constitution normale des entraîneurs. Deux éléments :

Les plateaux pousse-toc analogues aux plateaux à trous déjà étudiés, mais de diamètre plus petit. Il sont munis d'une lumière *(pour toc coudé)* ou d'un doigt d'entraînement *(pour toc droit)*.

Les entraîneurs bloqués en bout de pièce et pourvus d'une queue. Ils sont de deux types :

1º Les tocs pour $\phi \leqslant 100$: à queue droite ou coudée *(sécurité)*.

2º Les colliers pour $\phi > 100$.

(Pour les grandes vitesses, équilibrer les entraîneurs.)

4. ENTRAÎNEMENTS SPÉCIAUX ENTRE POINTES (fig. V)

La présence du toc ou du collier au bout de la pièce rend impossible le chariotage jusqu'à cette extrémité. Pour éviter cet inconvénient diverses solutions sont intéressantes :

(fig. V, 1). Percer en bout de pièce un petit trou permettant l'entraînement direct, sans toc *(travaux de finition)*.

(fig. V, 2). Employer une pointe entraîneuse à bout pyramidal. Les arêtes de la pyramide épousent les génératrices du centrage et s'y impriment. Il y a confusion entre la fonction position et la fonction entraînement de pièce.

Ce dispositif rapide convient pour le tournage en finition de petits axes peu précis.

Emploi de cuvettes de centrage (fig. V, 4 et 5).

Les pièces longues préalablement alésées ou creusées doivent être parfois montées ou reprises entre pointes.

On les munit alors de cuvettes portant un centre à 60º.

Cuvette ajustée *(simbleau)* pour reprise sur un alésage précis.

Cuvette réglable pour montage d'un cylindre creux.

Remarque : Dans certains cas il est possible d'employer du côté poupée une ***grosse pointe*** à extrémité pyramidale (fig. V, 3). On peut adopter alors une pointe ***tronquée***.

5. MONTAGE MIXTE ENTRE PLATEAU OU MANDRIN ET CONTRE-POINTE (fig. VI)

Ce dispositif est fréquemment adopté pour :

Pièces demi-longues **L** $>$ 2 **D** *(possibilité de couper un gros copeau sans flexion de la pièce)*.

Pièces lourdes (fig. VI, 1) *(les flexions de la broche sont réduites)*.

Pièces peu rigides *(le broutage éventuel est atténué)*.

Montage de la pièce.

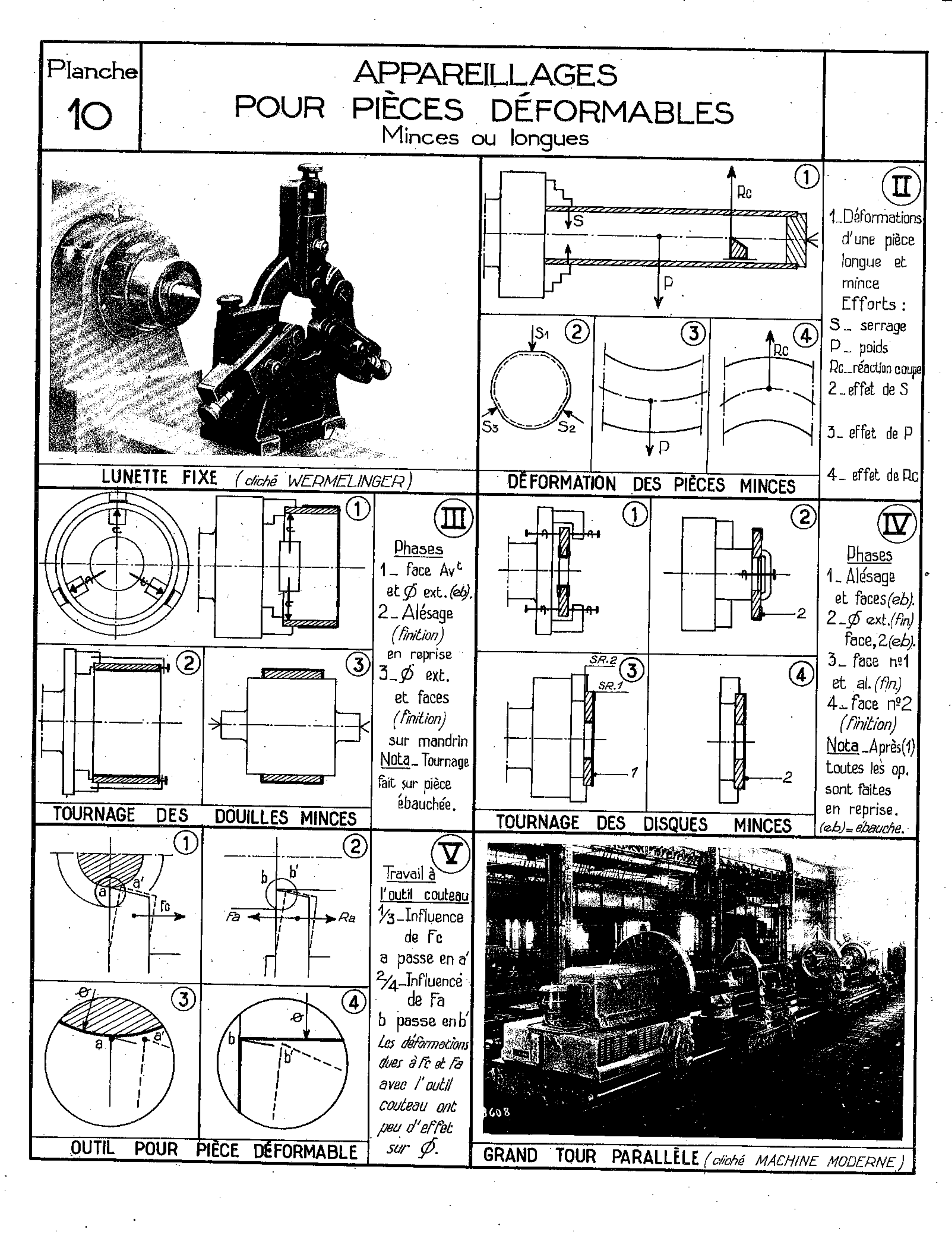
Côté plateau (voir 8e leçon) mors durs, mors doux, etc.

Côté contre-pointe. Employer de préférence une contre-pointe à roulement pour les pièces lourdes.

Confection du centre.

Il s'effectue généralement en première opération de coupe, alors que la pièce est montée en l'air.

Remarque : Quand la pièce est longue, les centres confectionnés en premier lieu permettent de réaliser une portée à une extrémité pour reprise ultérieure entre mors doux et contre-pointe (fig. VI, 2).



10e LEÇON

APPAREILLAGES POUR PIÈCES DÉFORMABLES (minces ou longues).

Voir planche 10, ce fasc., 19e leçon

1. GÉNÉRALITÉS

Les pièces longues et les pièces minces peuvent se déformer en cours de tournage et les appareillages ont pour but de supprimer ces déformations ou de les réduire. Ils permettent de couper un copeau normal sans broutage.

A. **Constatations des défauts et de leurs causes** (fig. II).

a) ***L'effort de serrage S*** écrase les pièces minces. Il en résulte, après desserrage, un défaut de forme *(les surfaces cylindriques deviennent polygonales).*

b) ***Le poids de la pièce P*** fait fléchir celle-ci.

En général, les défauts apparaissent après démontage, au contrôle de forme. Parfois, la pièce vibre pendant la coupe.

c) ***La réaction de coupe Rc*** fait fléchir la pièce en rotation. L'effet maxi correspond à la position de l'outil à mi-distance entre pointes (**Rc** = **Fc**, effort de coupe).

(Les surfaces engendrées cylindriquement sont déformées : fuseau, tonneau, entonnoir.)

B. **Principes à observer.**

Effort de serrage.

— Situer les points d'appui en face des points de serrage et les multiplier pour réduire l'intensité de chacun des efforts.

Effort de coupe.

— Réduire son influence sur la pièce en coupant avec un outil à angle $\hat{c} \simeq 90°$.

— Soutenir la pièce en face de l'effort par une lunette*

Poids et forme de la pièce.

— Soutenir la pièce.

— Renforcer les parties peu résistantes.

C. **Règles générales.**

— La précision de forme et de dimension doit être atteinte en finition. Pour cela, il faut :

a) Tout ébaucher en commençant par les bouts à + 1 mm, par le moyen le plus économique, avec tolérance de forme ± 100 à 200 μ.

b) Finir à la cote avec de faibles efforts de bridage et de coupe en utilisant les appareillages convenables.

2. APPAREILLAGE POUR LES PIÈCES MINCES

A. **Couronnes minces** (fig. III) (carter, pièce creuse).

— Armaturer la pièce pour la rendre plus rigide ;

— Constituer des points d'appui en face des points de serrage.

B. **Disques minces** (fig. IV).

— Ébaucher partout à 1 mm en multipliant les points de serrage et d'appui.

— Reprendre la pièce en obéissant lors du premier remontage aux déformations existantes et constituer des **SR** aussi vastes que possible (fig. IV, 1).

— Finir en s'appuyant sur les **SR** (fig. IV, 2, 3, 4).

3. APPAREILLAGE POUR LES PIÈCES LONGUES L ⩾ 8 D.

A. **Opération localisée.** Opération intérieure en bout ou opération extérieure loin des pointes.

Il faut employer une ***lunette fixe*** située le plus près possible de l'opération.

a) ***Travail en bout.***

Ex. : *perçage en bout d'arbre.*

La pièce est préparée sur montage mixte *(un bout en mandrin, l'autre en lunette fixe).*

b) ***Travail extérieur sur la longueur.***

Ex. : *Saignée dans le milieu d'un arbre.*

La pièce est montée entre pointes et avec une lunette fixe.

Pour pratiquer la portée de lunette, il faut parfois soutenir avec une fausse-portée.

La lunette fixe est montée sur le banc du tour. Elle est ***fixe.***

B. **Opération sur une longue partie.**

Ex. : *broche de machine.*

La pièce est montée entre pointes. Après amorçage de la passe, une ***lunette à suivre*** est placée et réglée sur la surface cylindrique coupée.

La lunette à suivre est montée sur le coulisseau transversal et se déplace avec lui parallèlement à l'axe du tour. Elle ***suit*** donc l'outil.

4. CHOIX DE L'OUTIL POUR LA FINITION DES PIÈCES DÉFORMABLES (fig. V)

Utiliser des outils :

1° Coupant à grande vitesse des copeaux de faible section *(faible effort de coupe)* ;

2° A arête de coupe perpendiculaire à la génératrice de la pièce coupée $\hat{c} = 90°$.

Un léger déplacement par flexion de l'outil dans un plan vertical n'affecte pas sensiblement le diamètre réalisé.

Une flexion de l'outil-couteau dans le plan horizontal ne modifie presque pas la distance de la pointe d'outil à l'axe de la pièce.

Remarque 1 : Les pièces en porte-à-faux sont quatre fois plus sensibles aux efforts de coupe que les pièces entre pointes.

Remarque 2 : Les pièces de petite section sont très sensibles à la flexion sous l'action de l'outil.

Cette fatigue de flexion est inversement proportionnelle au cube du diamètre de pièce ($\mathbf{D}^3$) et seulement proportionnelle à l'effort lui-même **F**.

Nota. — Ces remarques s'appliquent également aux corps d'outils pour ce qui concerne :

1° Leur longueur en porte-à-faux *(le moment de flexion est proportionnel à la longueur)* ;

2° Leur section.

(La fatigue de flexion est inversement proportionnelle au cube du diamètre pour les outils à corps cylindrique, au cube du côté, pour les outils à corps carré.)

La vibration de l'outil flexible s'ajoutant à celle de la pièce favorise le broutage.

5. VALEURS PRATIQUES MAXI DE LA SECTION DU COPEAU pour les pièces cylindriques montées entre pointes, d'après ANDROUIN :

Pièces courtes : L ⩽ 8 D,	**Pièces longues : L > 8 D,**
$\mathbf{S}\ \text{mm}^2 \leqslant \mathbf{0{,}032}\,\dfrac{\mathbf{D}^3}{\mathbf{L}}$.	$\mathbf{S}\ \text{mm}^2 \leqslant \mathbf{2}\,\dfrac{\mathbf{D}^6}{\mathbf{L}^3}$.
Exemple :	Exemple :
D = 40, **L** = 200,	**D** = 20, **L** = 400.
$\mathbf{S}\ \text{mm}^2 \leqslant 0{,}032\,\dfrac{\mathbf{D}^3}{\mathbf{L}}$	$\mathbf{S}\ \text{mm}^2 \leqslant 2\,\dfrac{\mathbf{D}^6}{\mathbf{L}^3}$
⩽ 10.	⩽ 0,1.

En finition, il est bon de conserver une avance assez grande **a** ⩾ 0,2, afin que le copeau soit coupé franchement.

Planche 11 — MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE FILETAGE

BOÎTE des AVANCES et PAS *(cliché ERNAULT.B)*

II

1. Filetage SI.
   A – Vis
   B – Écrou
   h = 0,866 pas
2. Vis
   a – image
   b – dessin technique
   $\phi_1 = \phi$ nominal
3. Écrou
   a – image
   b – dessin technique
   $\phi^2 = \phi^1 - 1{,}3p$ = alésage

ϕ nominal	Pas	Vis ϕ_1	Écrou ϕ_2
10	1,50	10	8,05
12	1,75	12	9,72
16	2	16	13,40
20	2,5	20	16,75
24	3	24	20,10
30	3,5	30	25,45

FILETAGE S.I « Système International »

III

1. Filetage sur tour à tête de cheval
   $\frac{p}{P} = \frac{n'}{n} = \frac{a}{b}$
   n.n' = nb.t/mn.
   a et b = nb. dents
2. Filetage à 2 roues
   $\frac{p}{P} = \frac{n'}{n} = \frac{a}{b}$
3. Filetage à 4 roues
   $\frac{p}{P} = \frac{n'}{n} = \frac{a \times c}{b \times d}$

APPAREILLAGE pour FILETAGE

IV

Filetage sur tour moderne
A – inverseur
B – train de roues amovibles
C – boîte des filetages
1. Cinématique de l'ensemble
2. Groupe A.B.C
3. $\frac{25{,}4}{x} = p$
4. $\frac{3{,}1416}{x} = p$

MONTAGES CLASSIQUES DE FILETAGE

V

1. Filetage aux repères
   A – repères (poupée. broche)
   B – repères (boîte – vis-mère)
   b = butée départ
2. Filetage à la longueur
   b b' = butées
   L = mult. de p.p.c.m (P et p)
   L > l

MÉTHODES DE FILETAGE

VI

1. Indicateur d'embrayage pour filetage sur tour
2. Schéma du filetage automatique procédé "Cri-Dan" "AA'" positions de A. à chaque départ de passe
3. Filetage à la fraise – Ma = p pour n = 1

MÉTHODES AMÉLIORÉES

11e LEÇON

MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE FILETAGE

Voir planche 11, ce fasc., 25e leçon

1. DÉFINITION DU FILETAGE

Un filetage est une surface hélicoïdale engendrée par une ligne plane animée de deux mouvements uniformes par rapport à un axe situé dans son plan : l'un de rotation (**Mc**), l'autre de translation (**Ma**). Le filetage est exécuté :

Sur un cylindre : ***vis***, ou dans un alésage : ***écrou***.

Caractéristiques du filet (fig. II).

— Le ***diamètre*** *(obtenu par passes successives de l'outil)*, ϕ 1.

— Le ***pas du filet :*** *(pas)* **p** = **a** *(avance par tour)*.

— Le ***profil du filet*** *(considéré dans la section plane contenant l'axe de l'élément fileté). (Voir planche G.)*

— Le ***sens*** **D** *(à droite)* ou **G** *(à gauche)*.

2. GÉNÉRATION DU PAS A PRODUIRE (fig. III)

La pièce tourne (**Mc**). L'outil avance (**Ma**). Il faut que l'avance soit égale au pas à produire **a** = **p**.

Emploi de la vis-mère. Les tours parallèles à fileter sont munis d'une vis-mère qui engendre les pas des filetages à produire. Cette vis-mère se substitue à la barre de chariotage pour produire l'avance. **p** = pas de la vis-mère.

L'écrou de la vis-mère est solidaire du chariot porte-outil. Il est en deux parties susceptibles d'être rapprochées ou écartées *(embrayage ou débrayage)*.

3. MÉTHODES D'OBTENTION DES PAS A PRODUIRE (fig. IV, 1)

Pas normalisés SI (NF.E.27.012). *(Voir planche G.)*

Sélectionner dans la boîte des filetages le pas à produire. Le train d'engrenage **B** est à neutraliser. On a en effet :

$$\frac{\text{Vitesse de la broche}}{\text{Vitesse à la sortie de } \mathbf{B}} = 1.$$

Pas spéciaux. Multiplier par un coefficient approprié tous les pas de la boîte des avances grâce à l'intervention du train d'engrenages correcteur **B**.

a) ***Pas exprimé en pouces*** *(filetages anglais)* (fig. IV, 3).

Ex. : $\mathbf{p} = \frac{25{,}4}{6} = 4{,}233$ ou 6 filets au « pouce ».

On sélectionnera dans la boîte le pas **p** = 4, après intervention du train d'engrenages correcteur donnant alors le rapport

$$\frac{25{,}4}{6 \times 4} = \frac{25{,}4}{24} \simeq \frac{60}{57} = \frac{n'}{n}.$$

b) ***Pas contenant le facteur*** π *(vis pour roue tangente)*. Même processus (fig. IV, 4).

Ex. : **p** = 2 π = 6,28 *(pour roue au module 2)*. Sélectionner **p** = 8, après intervention du train correcteur.

Remarque : Sur les tours anciens dépourvus de boîte des filetages, on attelle directement la broche à la vis-mère (fig. III). Filetage à 2 roues (fig. III, 2) ou à 4 roues (fig. III, 3).

Il faut : $\frac{\mathbf{n'} \text{ vis-mère}}{\mathbf{n} \text{ pièce}} = \frac{\text{Pas } \mathbf{p}}{\text{Pas } \mathbf{P}} = \frac{\mathbf{a}}{\mathbf{b}}$ ou $\frac{\mathbf{a} \times \mathbf{c}}{\mathbf{b} \times \mathbf{d}}$

a, b, c, d : nombre de dents des engrenages.

4. POSITION DE L'OUTIL DANS LE FILET

Pour retomber à coup sûr dans le sillon, il suffit que les positions relatives de l'outil et de la pièce se renouvellent identiquement lors de l'embrayage de la vis-mère. L'outil étant chaque fois placé à la même position de départ tombera dans le filet si la vis-mère et la pièce ont fait chacune un nombre entier de tours.

Cette condition est satisfaite par diverses méthodes :

Filetage aux repères sans arrêt de la broche.

Le contrôle des positions angulaires de la broche et de la vis-mère est assuré par deux groupes de repères. Après la passe, le chariot débrayé est ramené à la position de départ sur sa butée. Embrayer la passe suivante à l'instant où les deux groupes de repères sont vis-à-vis simultanément (fig. V, 1).

Remarque : Quand **p** est sous-multiple de **P** aucune précaution n'est nécessaire, l'outil retombe nécessairement dans le filet.

Filetage à la longueur avec arrêt de la broche.

La rotation de la broche (**Mc**) est liée au déplacement de l'outil (**Ma**) pendant toute la course utile de longueur **L**. Alors le tour est arrêté et le chariot ramené à la position de départ sur sa butée (fig. V, 2) *(retour à la main)*.

Si **L** est multiple à la fois de **P** et **p** la broche et la vis-mère auront fait des nombres entiers de tours.

Choisir **L** tel que .

L > longueur à fileter et multiple de **P** et **p**.

Ex. : **P** = 4, **p** = 2,5, longueur à fileter = 32, P.P.C.M. à 4 et à 2,5 = 20.

On prendra **L** = 40 = 20 × 2.

5. APPAREIL INDICATEUR D'EMBRAYAGE POUR FILETAGE (fig. VI, 1)

C'est un dispositif qui contrôle les trois mouvements : rotation broche, rotation vis-mère, déplacement longitudinal du chariot porte-outil. Il indique à l'opérateur les instants où l'embrayage du chariot est possible en cours de passe *(division tournante face au repère fixe)*.

Fonctionnement. Un axe porte à une extrémité une roue *(35 ou 36 dents)* en prise sur la vis-mère. A l'autre extrémité un disque gradué *(5 divisions pour la roue de 35 dents) (4, 6, 9 divisions pour la roue de 36 dents)*.

— Quand la broche est arrêtée, la vis-mère joue le rôle de crémaillère* par rapport à la roue de 35 ou 36 dents entraînée par le chariot. Lorsque la vis-mère tourne, elle joue le rôle de vis sans fin par rapport à la roue de 35 ou 36 dents.

Ex. : Exécuter le pas **p** = 1,5 et **P** = 5.

Le P.P.C.M. à 1,5 et 5 est 15. En adoptant la roue de 36 dents (36 = 1,5 × 24), on pourra embrayer à chaque intervalle de 3 dents, soit tous les $\frac{1}{12}$ de tour du disque gradué.

Remarque : Il n'y a pas lieu de déterminer le point de départ du filetage.

Tous les pas **SI** *(sauf 5,5)* sont sous-multiples de 35 ou 36 et peuvent être réalisés avec l'appareil indicateur.

6. FILETAGES SUR MACHINES SPÉCIALES

Procédé CRI-DAN (fig. VI, 2). Le filetage est fait passe par passe comme sur un tour parallèle, mais l'ensemble des reprises de passe s'effectue automatiquement.

Dispositif de fraisage (fig. VI, 3). Une fraise à profil constant *(le profil à produire)* engendre le filet. La pièce tourne lentement et pendant qu'elle effectue un tour, la fraise tournante se déplace de la valeur = pas à produire, parallèlement à l'axe de la pièce.

Planche 12

MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE REPRODUCTION

REPRODUCTEUR ORIENTABLE (*cliché WERMELINGER*)

OUTILS DE FORME

II
1_ Outil à gorge extér.
2_ Outil de forme (*ligne a.b.c.d dans le plan axial*)
3_ Outil à gorge intér.
4_ Jeu d'outils pour forme

III
a_ *coulisse orientable*
b_ *patin guidé*
c_ *coulisseau transversal*

REPRODUCTION DES CÔNES

IV
1_2_3 Tournages
1_ sphérique
2_ " int.
3_ galbé (R=R')
G. génératrice
4_ Section du copeau S^{mm^2} a×p = Cte (si, a = Cte et p = Cte)
En finition il faut a×p = Cte

REPRODUCTION PAR BIELLE

V
1° E. fermé (le piston outil recule)
2° E. ouvert (le piston outil avance)
AB = constante
A = outil
B = copieur
Ma¹ avance mécanique
Ma² avance hydraulique

SCHÉMA DU TOUR A COPIER "G.F."

VI
R = R'
1_ Génératrice de la pièce
2_ Lieu des centres de galet
3_ Reproducteur
AB = constante
A = pointe outil
B = centre galet
2 identique 1
3 tangent aux circonf.
Ma¹ automat.
Ma² suivant reproducteur

REPRODUCTEUR A GALET

12e LEÇON

MÉTHODES ET APPAREILLAGES DE REPRODUCTION

Voir planche 12, ce fasc., 28e leçon

Le tour parallèle est conçu pour usiner avec facilité *(avance automatique)* deux types de surfaces :

Les surfaces cylindriques (**Ma¹** *longitudinal*).

Les surfaces planes (**Ma²** *transversal*).

Les autres surfaces dont la génératrice est oblique ou curviligne sont dites ***de forme.***

1. PRINCIPE

L'arête de l'outil doit atteindre tous les points de la génératrice :

Premier cas. L'arête est conforme à la génératrice à produire. L'outil est engagé (**Mp**) jusqu'à la position où l'arête se confond avec la génératrice de la pièce à produire.

C'est un travail à ***l'outil de forme.***

Deuxième cas. La pointe de l'outil est assujettie à un gabarit qui lui imprime une trajectoire conforme à la génératrice de la pièce à produire.

C'est un travail ***en reproduction.***

2. TRAVAIL A L'OUTIL DE FORME (fig. II)

L'outil travaille en plongée et s'imprime dans la matière. Il coupe sur toute l'étendue de son arête qui doit constamment se présenter avec la même orientation que la génératrice à produire.

Il faut distinguer deux types de travaux à l'outil de forme :

Petits profils normalisés.

Les rainures extérieures ou intérieures *(tombée de filet, tombée de portée à rectifier)*. Les boudins* concaves ou convexes *(raccordement d'une surface cylindrique avec une surface plane)*.

L'emploi des outils à molette est économique dans ces cas.

Profils quelconques.

Sur les tours ordinaires, la longueur des génératrices à produire est limitée (10 à 40 mm) car ce mode de travail provoque des vibrations *(broutage)*.

Mp peut être automatique avec une valeur **a** ≃ 0,1, mais, généralement, il est obtenu à la main.

3. TRAVAIL EN REPRODUCTION

L'outil travaille en chariotage automatique dans une première direction *(parallèle ou perpendiculaire à l'axe)*. Dans la deuxième direction, il obéit à un reproducteur établi en fonction de la génératrice à produire.

Principe utilisé.

Quand un ***corps solide orienté*** se déplace, tous les points de ce corps décrivent la même trajectoire.

Le coulisseau porte-outil peut se déplacer suivant les deux mouvements **Ma¹** et **Ma²** perpendiculaires. Toujours parallèle à lui-même, il constitue un corps solide orienté.

La pointe de l'outil et le palpeur, en contact avec le guide, décrivent la même trajectoire.

Trajectoire de l'outil = ***génératrice*** de la pièce.

Reproduction des cônes (fig. III).

Le reproducteur est une coulisse orientée et fixée horizontalement à l'arrière du banc de tour. Le patin-guide est pivotant au bout du coulisseau transversal porte-outil dont la vis de manœuvre est neutralisée.

L'outil, sollicité par les deux mouvements **Ma¹** et **Ma²**, décrit une trajectoire parallèle au reproducteur rectiligne.

Reproduction des surfaces de révolution à génératrice curviligne (fig. VI).

L'appareillage est analogue, mais il faut un reproducteur dont le profil est déterminé par la génératrice à produire.

Le coulisseau transversal est poussé ou appelé vers le reproducteur par un ressort. Un galet* fixé en bout du bras fixe roule sur le profil à suivre. La génératrice réalisée est identique à la ***trajectoire de l'axe du galet.***

Tracé du reproducteur à galet (fig. VI).

1. Tracer sur la plaque gabarit la génératrice de la pièce à tourner, orientée d'après **SR**.

2. En prenant cette génératrice comme lieu des centres de galet, tracer une série de circonférences de rayon, **r** = rayon du galet.

3. Tracer la ligne tangente à ces circonférences : c'est le profil reproducteur.

Le galet doit tourner bien rond *(tolérance ⩽ 5 µ)*.

L'outil de finition doit être à angle vif (**r** = 0), pratiquement, on prendra en finition **r** = 0,2 à 0,5 mm,

Réglage du reproducteur.

1. Forme : dégauchir le profil (**SR** parallèles à l'axe) ;
2. Position : régler en position longitudinale ;
3. Diamètre : déplacer le coulisseau supérieur (**Mp**).

Reproduction des surfaces dont la génératrice est un arc de cercle de rayon **R** (fig. IV, 1, 2, 3).

Le coulisseau transversal est relié à un point fixe par une bielle de longueur **R'** (**R'** = **R**).

Remarques.

Pour obtenir des pièces de génératrice conforme, il faut que l'effort de coupe soit constant pendant la passe de finition, quelle que soit l'obliquité de la trajectoire. Cette condition est convenablement réalisée quand les pièces ont été préalablement ébauchées. On a alors, en effet : **a** *(automatique)* et **p** *(reproduction)* constants donc **S** mm² constant et **F** ≃ constant (fig. IV, 4).

4. LE COPIAGE HYDRAULIQUE (fig. V)

On peut réaliser ainsi avec une précision (**IT** ⩾ 20 µ).

a) Tous les travaux jusqu'ici réservés à la reproduction mécanique ;

b) Les pièces comportant des angles vifs *(épaulement et groupe de surfaces cylindriques et planes)* ;

c) Des surfaçages intérieurs.

Avantages du copiage hydraulique.

Le copiage hydraulique rend la pression du doigt copieur sur le guide indépendante des efforts de coupe.

En raison de cette faible pression (≃ 1 kg) :

1° Un gabarit en tôle mince (3 à 5 mm) non trempé, suffit.

Sa forme est identique à la génératrice de la pièce (on peut le remplacer par une pièce type).

2° Le galet copieur est remplacé par ***un doigt à angle presque vif*** *(même rayon que le bec de l'outil)*.

Nota. — Comme la reproduction mécanique, le copiage hydraulique conserve, entre la pointe du doigt copieur et la pointe de l'outil, un intervalle constant en grandeur et direction.

5. LE COPIAGE ÉLECTRONIQUE

Il a tous les avantages du copiage hydraulique. La précision du travail serait encore plus grande (**IT** 10 µ), car les transmissions électriques sont instantanées. Il devient possible avec une seule machine pilote de conduire automatiquement une batterie de machines-outils, exécutant toutes le même travail.

Planche 13

PRÉPARATION DES TRAVAUX DE TOURNAGE

TOURNAGE D'UN GALET (cliché S.O.M.U.A)

II

rayon : r ≈ 2
chanfrein 2
20 dents mod = 3
DP = 60
8 H7
Ø 25 H7
Ø 40
Ø 66
28,3
12
32
Nota - Casser tous les angles chanfrein de 0,5

Acier moulé.
tol. gles. ± 0,1
état gl. ▽

Tolérances
concentricité ext. alésage : 10µ
Voilage face A : 10µ
(Ø à obtenir par rectification)

10 PIGNONS 11002_A

GAMME D'USINAGE N° 62

Élément	Pignon	Dessin	11.002	Repère	A
Organe	Boîte	Matière	ac. 80	Brut	moulé
Ensemble	Appareil. x	Nb.	10	Visa	AC

Ø 66 — 32 — 20 d. m3 — SR.1 — SR.2

Ph.	Désignation phases	MO	Éch.	Croquis	Outillage	Contrôle	Temps Tp	Temps Tc+Tm
	Fonderie			Ø 18	moule	± 1,5		
1	Tournage complet	To 2	P3	Ø 24,5 H7	Carb. S.2 n° 21 D n° 13 D	P. à C. tampon 24,5 H7	30'	13',21
2	Mortaisage	M1	P2	8 H7 — 28,3		calibre 8 H7	30'	×
3	Taillage	Fel.	P2		couteau n° 3020	pied à module	15'	×
4	Rectification alésage face A	R1	P2	25 H7	meule	jauge 25.H7	30'	×
5	Rectification Ø 66	R1	P2	Ø 66	meule	calibre $Ø 66^{+0}_{-0,05}$	18'	×
6	Rectification denture	Rd	P3		meules	appareil module	30'	×

Tp = Temps de préparation en mn.

INSTRUCTIONS Gamme 62 — 2/6

Élément	Pignon	Dessin	11 002	Repère	A
Organe	Boîte	Matière	ac. moulé	Nb.	10
Ensemble	Appareil. x	Phase	Tournage - Finition		

20 D - M3 — SR.1 — SR.2 — ▽ ± 0,5

Op.	Désignation opérations	Outillage	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	En mandrin U. Ø 150 3 mors durs s/Ø 40	carb. S.2									0',30
–	Charioter Ø 66,5	21 D	P. à C.	0,5	100	460	0,2	92	21	0',22	1',75
–	Dresser face (B)	"		0,5	100	460	0,2	92	22	0',24	0',70
	pivoter tourelle		butée								0',40
–	Aléser Ø 24,5 H7 ébaucher	13 D	P. à C.	0,45	50	650	0,1	65	33	0',53	0',60
	finir contrôler	AF. 24,5	tampon 24 H7	0,05	6	75	main	main	33	1'	1'
2	Reprise en mors doux sur Ø 66,5										0',40
	pivoter tourelle										0',40
–	charioter Ø 40	21 D	calibre 40 ± 0,1	0,5	58	460	0,2	92	12	0',14	0',70
–	dresser face Ø 66,5/40	"		0,5	100	460	0,2	92	13,2	0',15	0',70
–	dresser face (A) Ø 40/24		calibre 20 ± 0,1	0,5	58	460	0,2	92	7,7	0',08	0',70
–	pivoter tourelle										0',40
–	chanfrein de 2 à 45°	13 D	réglet		58	460	main			0',10	0',50

Tc = Temps de coupe en mn.
Tm = Temps de manœuvre en mn.
(fraction en $\frac{1}{100}$ de mn.)

Totaux: 2',46 — 8',55
Tc + Tm: 11',01
Boni. 20%: 2',20
Alloué total par pièce: 13',21

13e LEÇON

PRÉPARATION DES TRAVAUX

Voir planche 13

1. LE PROBLÈME DU TOURNAGE

Dans les leçons qui précèdent, nous avons analysé en détail les diverses conditions du travail sur le tour parallèle :

— Les opérations et les outils;
— Les appareillages et les méthodes.

Exploitons les connaissances acquises en vue de résoudre les problèmes pratiques.

Les données du problème. Pour exécuter un travail on dispose des éléments suivants :

— Le dessin technique de la pièce à tourner;
— La matière d'œuvre.

Les solutions. Il faut déterminer :

— La méthode de travail;
— Les appareillages;
— Les outils de coupe et de contrôle;
— Les éléments de coupe (**V, a, p**).

Voici présenté dans l'ordre chronologique, le détail des opérations d'étude, de préparation et d'exécution intéressant le technicien et l'opérateur.

2. CONDUITE GÉNÉRALE DU TRAVAIL

Étude.

Examen du dessin technique.

Le dessin se rapporte à une pièce et doit en préciser : la forme; les dimensions; les tolérances; les états de surface; la matière constitutive; le nombre de pièces.

Établissement de la gamme *(suite des opérations)* avec les travaux préliminaires suivants :

1. Analyse des surfaces à usiner sur la pièce et choix des **SD** et **SR**.

2. Association des surfaces devant être usinées dans la même opération *(tout ce qui doit se faire sans démontage)*.

3. Groupement des opérations en phases *(tout ce qui doit être fait par le même ouvrier sur le même tour)*.

4. Détermination des procédés. Choix des outils de coupe et de contrôle.

5. Ordonnancement chronologique des phases d'ébauche et de finition *(mise dans l'ordre d'exécution)*.

6. Détermination des éléments de coupe (**V, a, p**).

Préparation.

Préparation des outils de coupe.
Préparation des outils de contrôle.

Exécution.

Équipement du tour : organe porte-pièce et organe porte-outil;

Balançage de la pièce;

Montage de la pièce sur le porte-pièce pour la première phase;

Montage de l'outil sur le porte-outil pour la première opération, etc., etc.

Usinage proprement dit :

Réglage du porte-outil;

Sélection des éléments **n** *(nombre de tours-minute convenable pour la passe)* et **a** *(avance)*.

Embrayer **Mc** puis **Ma**. Amorcer la passe de profondeur **p**. Repérer la position de l'outil sur le tambour gradué qui contrôle **Mp**. Dégager l'outil. Débrayer **Ma** puis **Mc**. Mesurer. Engager l'outil (**Mp**) à la profondeur voulue **p**. Embrayer à nouveau **Mc**, puis **Ma**, etc.

Contrôler après chaque opération et chaque phase les surfaces réalisées *(forme, dimension, position)*.

Répartition des tâches.

L'organisation scientifique du travail est basée sur la spécialisation des opérateurs et la répartition des opérations.

L'étude est faite par les techniciens du service des méthodes*.

La préparation des outils et des appareillages par les outilleurs spécialistes.

L'exécution par le tourneur, s'il s'agit d'une phase de tournage.

3. APPLICATION (fig. II)

Tournage de 10 engrenages de 20 dents module* 3 suivant dessin.

La fonction de la pièce et la nécessité de bonnes **SR** pour le taillage des dents imposent :

1° L'alésage perpendiculaire à la face côté moyeu;
2° La surface extérieure de taillage concentrique à l'alésage.

Étude.

Choix des surfaces de références et d'appuis SR_1 alésage. SR_2, face plane côté moyeu. SD_1, face brute cylindrique extérieure. SD_2, face brute plane côté denture;

Association des surfaces à usiner ensemble.

— L'alésage et la face plane côté moyeu.
— L'alésage et la surface cylindrique de taillage (si possible).

Détermination des procédés (gamme).

1. Tournage complet ***(détails sur la feuille d'instructions)***.
2. Mortaisage de la rainure.
3. Taillage des dents.
4. Rectification de la face **A** et alésage.
5. Rectification du diamètre extérieur ø 66.
6. Rectification des dents.

Préparation du tournage (phase 1/6).

Les outils de coupe. Éviter la flexion des outils d'intérieur. Pour cela, adopter un outil à pointe presque vive (**r** = 0,5) et angle de direction $\hat{c} \simeq 90°$.

Terminer de préférence l'alésage avec un alésoir-machine (ø = 24,5 H7).

Les outils de contrôle : (jauges, calibres, etc.)

Exécution.

Équipement du tour.

Mandrin trois mors durs de 150. Mandrin mors doux de 150.

Balançage.

Les pièces sont venues de fonderie donc toutes à peu près identiques, il suffit alors de mesurer sur quelques-unes d'entre elles les éléments suivants :

ø extérieur, largeur, ø du trou venu de fonderie, concentricité.

Sélection des éléments **n** et **a**. Les manœuvres à accomplir sont indiquées sur le tour.

Contrôle final. Il porte sur :

— Les dimensions tolérancées;
— La concentricité *(denture et alésage)*.
— La perpendicularité *(l'alésage avec la face du moyeu)*.
— Les états de surface.

Planche 14

DÉTERMINATION DES PROCÉDÉS ET DES ÉLÉMENTS DE COUPE

II

A – En plateau
1 – mors à pompe
2 – bridage
3 – centrage
4 – simbleau
5 – s/équerre
6 – // simbleau
B – En mandrin
7/8 – 4 mors durs
9 – // indépend.
10/11 – 3 mors durs
12 – // doux int.
13 – // ext.
14 – // indépend.

PLATEAU ET MANDRIN *(cliché WERMELINGER)*

MONTAGES EN L' AIR

IV

1 – Entre pointes (direct)
2 – Sur mandrin
a) – pièce
b) – mandrin
3 – En lunette fixe
a) pièce
b) lunette F.
4 – En lunette à suivre
a) pièce
b) lunette à s.

MONTAGE MIXTE *(cliché ERNAULT.B)*

MONTAGES ENTRE POINTES

VI

En plateau
1 – bridage
2 – centrage
3 – simbleau excentré
En mandrin
4 – mors durs
5 – mors doux
6 – lunette
Sur équerre
7 – bridage
8 – centrage
9 – sur 2 vés

MONTAGE MIXTE *(cliché MACHINE MODERNE)*

MONTAGES MIXTES

14e LEÇON

DÉTERMINATION DES PROCÉDÉS ET DES ÉLÉMENTS DE COUPE

Voir planche 14, planche D

1. PRINCIPE

Le ***meilleur*** procédé de tournage est celui qui permet la production la plus ***économique*** dans la ***qualité*** désirée.

La production tient compte des facteurs suivants :

— Temps de préparation et d'exécution;
— Qualification du personnel disponible;
— Prix du matériel et de l'outillage;
— Pourcentage des rebuts de fabrication.

2. CHOIX DU PROCÉDÉ DE TOURNAGE

Facteurs à considérer :

Dimensions de la pièce : **SD** ou **SR**, forme, dimensions nominales, tolérances;

Difficultés de la coupe : nature du métal à couper, résistance générale de la pièce aux efforts de coupe.

Nombre de pièces de la série.

Limitations de capacité du tour et des outillages.

Buts à atteindre. L'examen des fonctions mécaniques remplies par les pièces tournées *(arbre, pignon, douille, etc.)* montre généralement que :

1° ***Toutes les surfaces de révolution*** doivent être ***concentriques*** *(même axe)*.

Cette concentricité est assurée quand, en finition, ces surfaces sont réalisées sans démontage de la pièce.

2° ***Les surfaces planes*** doivent être ***perpendiculaires à l'axe*** de rotation.

Cette perpendicularité est assurée quand la surface cylindrique et la surface plane associées sont réalisées sans démontage de la pièce. *(Par chariotage automatique dans les deux directions* **Ma.***)*

Règles à suivre :

Ébaucher entièrement la pièce à + 0,5 mm avant de commencer la finition.

Nota. — De nombreuses exceptions sont à prévoir pour les pièces rigides montées en l'air *(quand les dilatations thermiques ne sont pas à redouter)*;

Terminer toutes les surfaces cylindriques sans démontage de la pièce.

Nota. — De nombreuses exceptions sont à prévoir pour les travaux de qualité ⩽ **7** quand la reprise en mors doux est possible;

Prévoir pour la pièce à tourner des **SD** ou **SR** assurant la rigidité de l'ensemble broche-pièce.

Rappel des procédés de montage des pièces (fig. II, IV et VI).

3. DÉBIT. EFFORT. PUISSANCE

L'invention des aciers rapides puis des carbures de coupe, a permis d'augmenter les valeurs des éléments de coupe **V, a, p**

$$S \text{ mm}^2 = a \times p, \quad V = \pi D \times n.$$

La rapidité d'exécution *(coupe)* est proportionnelle à **V × a × p**.

Le débit en dm³/h caractérise cette rapidité.

Ex. : **V** = 20 m/mn, **a** = 0,5 mm, **p** = 5 mm.

Le débit = 50.000 mm³/mn = 3 dm³/h.

L'effort de coupe est proportionnel à la résistance spécifique du métal à la coupe **K** kg et à la section du copeau **S** mm²

$$K \simeq \begin{cases} 100 \text{ kg pour la fonte mécanique,} \\ 150 \text{ kg pour l'acier demi-dur, } R = 60 \text{ kg/mm}^2. \end{cases}$$

Puissance absorbée par la coupe en chevaux.

Cette puissance utile **Pu** ch est proportionnelle :

1° A l'effort de coupe **F** kg;

2° A la vitesse de coupe par seconde **V** m/s,

$$Pu \text{ ch} = \frac{F \text{ kg} \times V \text{ m/mn}}{75 \times 60}.$$

(1 ch = 75 kgm/s.)

Ex. : **V** = 20 m/mn, **a** = 0,5 mn, **p** = 6 mn, **K** = 100 kg;

$F = 100 \text{ kg} \times 0{,}5 \times 6 = 300 \text{ kg};$

$$Pu = \frac{300 \text{ kg} \times 20}{75 \times 60} = 1{,}33 \text{ ch.}$$

Puissance absorbée par le moteur.

Pour connaître la puissance à fournir au moteur, il faut tenir compte du rendement général du tour. Le rendement **Rt** = 0,5 à 0,8 lorsque le tour fonctionne à pleine charge.

4. CHOIX DE V — a — p A L'ÉBAUCHE

Outils en acier rapide.

Prendre la section du copeau **S = a × p** la plus forte compatible avec la rigidite de la pièce et de l'outil *(copeau épais)*.

Choisir alors **V** compatible avec la puissance du moteur et la nature de l'outil (tableau hors-texte).

Outils en carbure métallique.

Prendre la vitesse **V** la plus grande possible et choisir **S** mm² compatible avec la puissance du moteur, la rigidité de la pièce et celle de l'outil.

5. RELATION DE LA VITESSE DE COUPE AVEC LA DURÉE DE L'OUTIL ENTRE DEUX AFFÛTAGES SUCCESSIFS

Quand la vitesse **V** croît, la durée de l'outil entre deux affûtages successifs décroît.

Les travaux du commandant Denis ont permis de fixer la relation entre **V** et durée d'outil.

Vitesse de moindre usure (Vo).

Étant donné un métal connu à couper, **Vo** correspond au plus fort volume de copeau susceptible d'être obtenu entre deux affûtages de l'outil. Ce volume est appelé "Débit de moindre usure" (**Do**).

Vitesse économique (Ve). Ve = 4/3 Vo.

A cette vitesse le débit par heure est accru de 1/3. Il faut l'utiliser quand l'affûtage et le réglage de l'outil sont faciles.

La durée de l'outil à **Ve** = 3/8 de la durée à **Vo**.

Nota. — *Le tableau en hors-texte donne* **V** *pour une durée d'outil =* **1 h**.

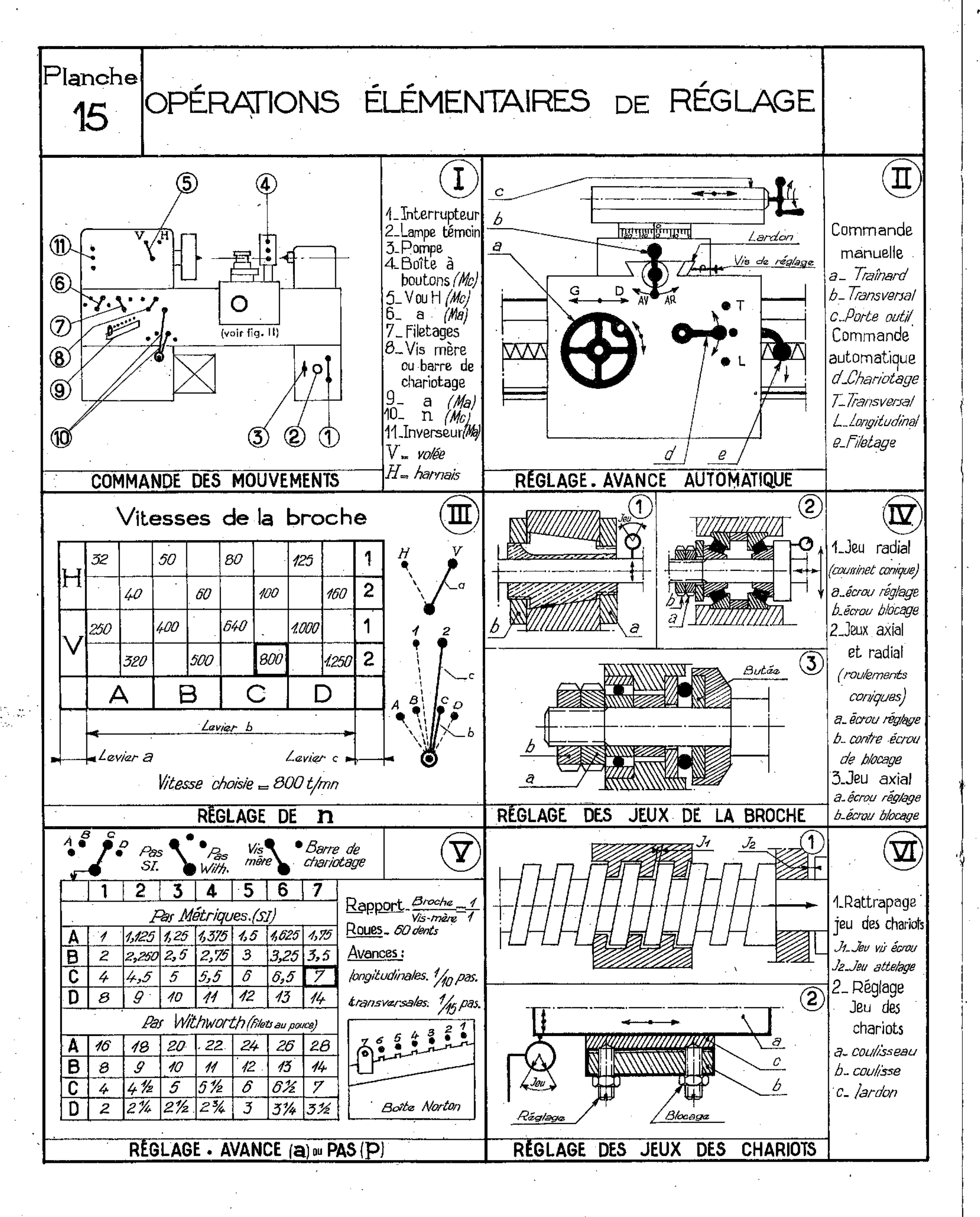
6. NOMBRE DE TOURS/MINUTE DE LA BROCHE

Chaque tour possède un tableau des nombres de tours disponibles à la broche (**n'**).

La connaissance de **V** permet de déterminer **n** théorique,

$$V = \pi D \times n \quad \text{et} \quad n = \frac{V}{\pi D}.$$

On sélectionne la valeur **n'** réelle telle que **n'** ⩽ **n**.



15e LEÇON

OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE RÉGLAGE

Voir planche 15

1. MISE EN MARCHE D'UN TOUR MODERNE

Considérer successivement (fig. I) :

Le moteur. Rechercher l'interrupteur* général *(une lampe de couleur indique généralement la mise sous tension)* et la boîte à boutons de commande ; habituer l'index, le majeur et l'annulaire à la manœuvre *(marche avant, arrêt, marche arrière)*. Un frein de sécurité permet l'arrêt brusque.

Remarque : *Si le tour possède une barre d'embrayage, celle-ci remplace la boîte à boutons. Les renversements de marche, le freinage et l'arrêt se font sans que le moteur cesse de tourner.*

La broche. Positionner les « leviers sélecteurs* » d'après le tableau indicateur afin d'obtenir la vitesse **n** choisie (fig. III) *(**n** est indiquée sur la feuille d'instructions ou les abaques du dossier machine)*. S'assurer de la bonne position des leviers *(broche en prise)* en essayant de faire tourner le plateau à la main. Embrayer la broche dans le sens voulu *(marche avant ou arrière)* avec la boîte à boutons ou le levier d'embrayage.

Remarque : *Les changements de vitesse par baladeur* ne doivent s'effectuer que sur machine à l'arrêt.*

L'avance a. L'avance automatique de l'outil est obtenue dans la boîte des avances ou des pas pour filetage. Dans ce dernier cas **a** est une réduction des pas indiqués *(1/10 ou 1/15)*. Positionner les leviers donnant **a** dont la valeur varie suivant le travail à effectuer *(ébauche ou finition)* (fig. V). Embrayer la broche et la barre de chariotage puis le mouvement d'avance automatique du trainard ou du transversal *(faire attention lorsque le même levier sert pour les deux chariots)*. L'écrou de la vis-mère doit être débrayé (fig. II). Constater que le chariot se déplace dans le sens voulu *(vers la gauche ou vers la droite)*. Dans le cas contraire, changer la position du levier inverseur.

Nota. — Effectuer toutes ces manœuvres à vide avant de commencer l'opération.

2. OPÉRATIONS DE RÉGLAGE DE p

Contrôle de la valeur d'une graduation de tambour gradué. Cette valeur varie *(en général 0,02, 0,04, 0,05, 0,1 pour les vis à pas métrique)*.

— Amener le tambour à zéro *(en faisant avancer le chariot)* et repérer la position du chariot sur sa glissière.

— Effectuer dix tours de manivelle et repérer la nouvelle position. Mesurer le déplacement **L**.

Ex. : **L** = 40 mm ; tambour gradué = 80 divisions

Le déplacement pour une division est de : $\frac{40}{10 \times 80} = 0{,}05$.

Remarque : *Les pièces tournées sont mesurées diamétralement (à une profondeur de passe de 0,05 du chariot transversal correspond une différence de diamètre de 0,1).*

Rattrapage du jeu de fonctionnement (fig. VI, 1).

Le système vis-écrou de commande des chariots comporte un jeu axial de fonctionnement dû principalement à l'usure entre vis et écrou. Il faut en tenir compte lors des manœuvres rétrogrades *(recul de l'outil)*.

— Adopter un sens unique de déplacement *(celui des aiguilles d'une montre pour une vis avec pas à gauche pour pénétration)*.

— Repérer la position du tambour gradué ;

— Effectuer la rotation en sens inverse *(l'outil recule)* ;

— Dépasser la graduation repérée de 1 tour ;

— Ramener le tambour gradué à la position repérée en tournant dans le sens normal. Le jeu se trouve ainsi rattrapé.

3. RÉGLAGE DES JEUX DES ORGANES PORTE-PIÈCE ET PORTE-OUTILS

En cas de jeux excessifs dans les organes porte-pièce et porte-outils un broutement sonore se produit à l'attaque de l'outil et la machine vibre. La surface usinée est marquée de facettes*.

Réglage des jeux de la broche : il se réalise sur machine arrêtée.

Jeu radial. Selon le genre du montage de broche dans le palier avant *(coussinets coniques fendus ou roulements à rouleaux coniques)*, des écrous de réglage et de blocage en position permettent de rattraper le jeu existant. Pour cela débloquer l'écrou **b** *(côté grand diamètre du cône)* et resserrer légèrement l'écrou **a** *(côté petit diamètre du cône)* (fig. IV, 1). Vérifier le jeu et serrer fortement le contre-écrou de blocage.

Jeu axial. Il est supprimé par réglage d'une butée à billes située dans le palier arrière ou d'une paire de roulements à galets coniques situés dans le palier avant (fig. IV, 2 et 3). Un léger resserrage suffit *(1/8 à 1/4 de tour)*.

Appréciation du jeu radial. S'assurer d'abord que la broche débrayée tourne librement à la main.

— Monter un comparateur sur le banc et régler son palpeur au contact de la surface cylindrique extérieure du mandrin.

— Prendre appui sur le banc du tour et exercer une pression verticale de bas en haut sur le mandrin, par levier. Observer le comportement de l'aiguille du comparateur lors de cette pression. Les écarts lus ne doivent pas dépasser 10 à 20 µ.

Appréciation du jeu axial. Procéder comme ci-dessus.

— Mettre le palpeur du comparateur en contact avec la face avant du mandrin. Les écarts ne doivent pas dépasser 5 à 10 µ.

Réglage de la contre-poupée. Vérifier : l'ablocage du corps de poupée sur le banc *(serrer les boulons)* ; le jeu du fourreau *(agir sur le frein)* ; le montage de la contre-pointe *la portée* conique doit être correcte)*.

Réglage des jeux des organes porte-outils.

Le jeu se manifeste par une trop grande facilité du déplacement des chariots à la main.

— Saisir chaque chariot successivement à deux mains et exercer une poussée alternée perpendiculairement aux glissières. Sous l'effort les coulisseaux bougent légèrement.

Il faut agir sur les lardons* des glissières ; deux solutions :

1° Resserrer les vis de rattrapage de jeu sur le côté de la glissière *(cas d'un lardon parallélipipédique)* (fig. VI, 2) ;

2° Resserrer la vis de réglage en tête du lardon *(cas d'un lardon à pente)*.

Déplacer le chariot à la main *(le coulissement doit être gras)* en vérifier le réglage au comparateur.

La coulisse circulaire du chariot porte-outils et la tourelle ont tendance à pivoter.

Les **SR** en contact ne sont pas propres *(copeaux ou huile)* Les nettoyer, puis serrer énergiquement l'écrou de blocage.

Planche 16

OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE TOURNAGE

I

1_ Position normale des chariots
2_ Prise de passe précise
3.4.5_ Réglage de p.
T.G.= Tambour gradué
R = Repère

Approcher l'outil — Dégager latéralement — Avancer outil

PRISE DE PASSE *(chariotage)*

II

1_ Chariotage a.c.e.f *(outils d'ébauche)* a.b.c.d *(outils de finition)*
2_ Dressage a.b. raccordements c. évidement d. face en bout e.f.g grande surface

CHARIOTAGE ET DRESSAGE EXTÉRIEURS

III

1_ Saignées
a_ complète
b_ dans un trou
2_ Réglage pour ℓ. précis
3_ Gorges
a_ oblique
b_ droite
c_ large
d_ ½ ronde

TRONÇONNAGES EXTÉRIEURS

IV

1_ Tronçonnage intérieur
a_ Saignée
b_ Carotte
2_ Perçage
a_ Centre
b_ Support (en dehors du listel)
c_ Volant et tambour gradué de la contre.poupée

TRONÇONNAGE _ PERÇAGE INTÉRIEUR

V

1_ Alésage *(ébauche)*
a_ débouchant
b_ épaulé
2_ Alésage *(finition)*
a.à l'alésoir _
b.à l'outil _ *(chariotage + dressage fond.)*
3_ Chambrage
a_ début
b_ fin.

ALÉSAGE _ CHAMBRAGE

VI

1_ Moletage Départ
2_ Mode d'action
a_ molettes
b_ support articulé.
3_ Réglage de l'outil
a_ cales de h.
b_ cale de protection.
h = hauteur d'axe

MOLETAGE _ RÉGLAGE OUTIL

16e LEÇON

OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES DE TOURNAGE

Voir planche 16, planche E, ce fasc., 2e leçon

Tout travail de tournage est composé d'une série d'opérations élémentaires, telles que :

— Contrôle de la pièce brute *(balançage*)*;
— Contrôle de l'outil *(angles et finesse d'arête)*;
— Montage de la pièce;
— Montage de l'outil;
— Réglage de **n**, **a** et **p** et de la longueur de course **L**;
— Embrayages de **Mc** et **Ma**;
— « Amorçage de la passe* ». Contrôle au départ de la cote et de l'état de surface obtenus.
— Rectification éventuelle de position ou d'affûtage d'outil;
— Exécution de la passe;
— Débrayage de **Ma**, puis de **Mc**. Dégagement et recul de l'outil;
— Contrôle et démontage de la pièce.

1. **MONTAGE DE L'OUTIL** (fig. VI, 3) (voir 3e leçon).
Les angles de pente d'affûtage et de dépouille sont à leur valeur correcte lorsque l'arête tranchante est située à hauteur de l'axe du tour.

2. **« PRISE DE PASSE* »**

La lecture du déplacement d'outil se fait sur les tambours gradués, suivant deux méthodes :

Méthode normale (fig I, 1) **p** est donné par le chariot orienté perpendiculairement à la surface à usiner.

— « Faire tangenter* » l'outil sur la pièce. Repérer la position du tambour gradué ou bien le ramener à zéro (fig. I, 3);
— Dégager l'outil de la pièce latéralement (fig. I, 4);
— Avancer l'outil transversalement de **p** (fig. I, 5).

Ex. : Sur un tambour gradué au 1/10, un déplacement de vingt divisions correspond à 2 mm de pénétration d'outil.

Méthode précise. **p** est donné par le chariot pivotant orienté de 5° 45′ par rapport à la génératrice de la pièce.

Le déplacement de l'outil en pénétration normale est dix fois plus faible que celui du chariot suivant son propre axe *(sinus 5° 45′ = 0,1)* (fig. I, 2).

Ex. : Tambour gradué au 1/10. Pour avancer l'outil de 0,1 sur la pièce, il faut déplacer le tambour gradué de dix divisions.

Remarque : *Cette méthode est remplacée avec profit dans les travaux de série, par l'emploi des « butées micrométriques* » ou pneumatiques. La lecture des déplacements de l'outil se fait alors sur le cadran d'un comparateur amplificateur* ou sur une « colonne manométrique* » (amplificateur SOLEX).*

3. **CONDUITE DES PRINCIPALES OPÉRATIONS DE COUPE**

Chariotage cylindrique ou conique.

Outils employés (fig. II, 1) **:**

— Outil à charioter *(droit ou coudé)* pour ébauche ou finition;
— Outil-couteau et outil-pelle pour pièce épaulée de faible longueur *(ébauche ou finition)*;
— Outil à raccorder pour la finition des pièces épaulées.

Dressage des surfaces planes.

Outils employés (fig. II, 2) **:**

— Outil-couteau pour petite surface;
— Outil à charioter et à dresser *(coudé)* pour surface moyenne;
— Outil à charioter droit et outil-couteau montés perpendiculairement à la surface à dresser pour grande surface;
— Outil à raccorder pour surface épaulée *(finition)*.

Tronçonnage *(saignée ou gorge)* obtenu par déplacement de l'outil perpendiculairement à l'axe (fig. III, 1 et 2) *(le traînard étant bloqué sur le banc)*. La pénétration de l'outil peut être automatique *(saignée)* ou commandée à main *(gorge)*.

Outils employés. — Outil à saigner *(col de cygne)* pour saignée profonde. — Outil à saigner droit pour petite saignée.

Tronçonnage intérieur *(carottage*)*, (fig. IV, 1).

Outil employé : Outil à tronçonner intérieur *(à carotter)*.

Perçage obtenu par déplacement axial de l'outil à l'intérieur d'une pièce en rotation (fig. IV, 2).

Outils employés : Forets
— à taille hélicoïdale *(pour acier et duralumin)*;
— à taille droite *(pour bronze et laiton)*;
— à langue d'aspic ou lame de perçage *(pour grand diamètre)*.

Réalisation : Guider le foret par un trou de centre ou un avant-trou; *(guider l'amorçage au moyen d'un support monté sur la tourelle)*.

Alésage obtenu par chariotage exécuté à l'intérieur d'un trou (fig. V, 2).

Outils employés :
— Outil à aléser-charioter *(alésage débouchant)*;
— Outil à aléser-dresser *(alésage borgne ou épaulé)*;
— Alésoirs d'ébauche et de finition à taille hélicoïdale ou droite; à cote fixe ou à cote réglable.
— Lame d'alésage montée sur poupée mobile ou tourelle.

Chambrage. Opération exécutée à l'intérieur d'un alésage (fig. V, 3).

Outils employés : Outils à gorge intérieure droite ou demi-ronde.

Réalisation :

a) ***Chambrage court.*** « Faire tangenter » l'outil sur la face avant, mettre le tambour gradué du chariot pivotant à zéro. Reculer l'outil *(chariot transversal)* et le déplacer en position de début du chambrage *(au tambour gradué du chariot pivotant)*. Appliquer la profondeur de passe;
— Faire un repérage à la craie sur les coulisses du chariot pivotant. Exécuter le chambrage par déplacement du chariot pivotant orienté suivant génératrice à obtenir;
— Contrôler la longueur du chambrage d'après l'espacement des repères précédemment tracés, et sa position, d'après l'indication du tambour gradué.

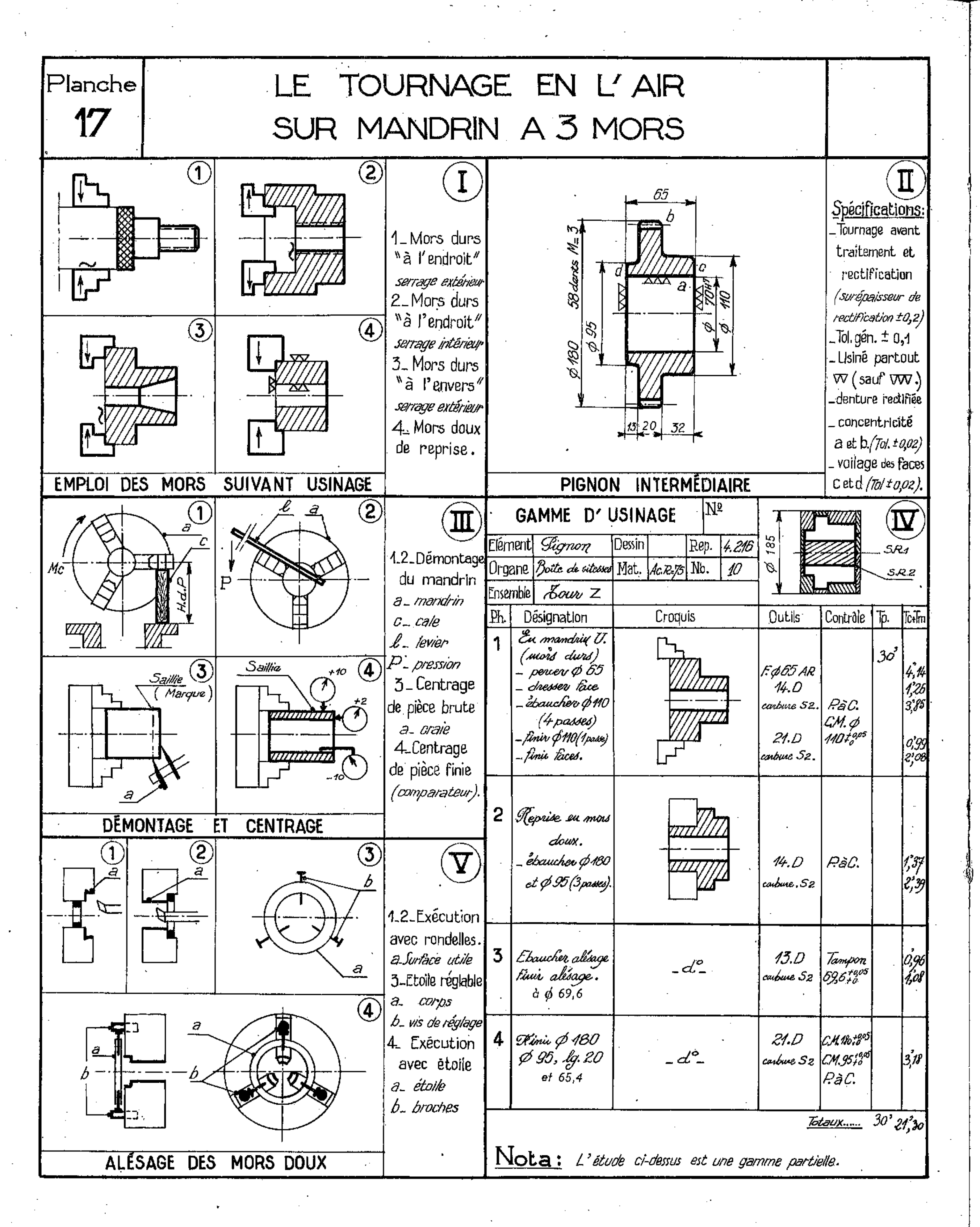
b) ***Chambrage long.*** Régler l'outil en début de chambrage comme précédemment; placer des butées sur le banc à gauche et à droite du traînard pour limiter la longueur et la position du chambrage; effectuer le chambrage par déplacement du traînard entre ces butées.

Moletage. Opération obtenue par refoulement du métal sur une surface extérieure cylindrique ou profilée (fig. VI, 2).

Outils employés : Molette simple, double ou de forme pour obtenir des moletages droits ou quadrillés.

Réalisation : Fixer le porte-molette sur la tourelle. Appliquer fortement la molette contre la pièce sur une largeur de 1 à 2 mm et simultanément embrayer **Mc**. Vérifier la formation du moletage, puis embrayer **Ma**.

La tourelle et la coulisse circulaire doivent être bloquées énergiquement. Lubrifier en cours de moletage.



GAMME D' USINAGE							N°
Elément	Pignon	Dessin		Rep.	4.216		
Organe	Boîte de vitesses	Mat.	Ac.R=75	Nb.	10		
Ensemble	Tour Z						

Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	En mandrin U. (mors durs) – percer ∅ 65 – dresser face – ébaucher ∅110 (4 passes) – finir ∅110 (1 passe) – finir faces.		F.∅65 AR 14.D carbure S2. 21.D carbure S2.	PàC. C.M. ∅ $110^{+0,05}_{0}$	30'	4',14 1',26 3',85 0',99 2',08
2	Reprise en mors doux. – ébaucher ∅180 et ∅ 95 (3 passes).		14.D carbure. S2	PàC.		1',37 2',39
3	Ebaucher alésage finir alésage. à ∅ 69,6	– d° –	13.D carbure S2	Tampon $69,6^{+0,05}_{+0}$		0',96 1',08
4	Finir ∅ 180 ∅ 95, lg. 20 et 65,4	– d° –	21.D carbure S2	C.M. $180^{+0,05}_{0}$ C.M. $95^{+0,05}_{0}$ PàC.		3',18
				Totaux......	30'	21',30

Nota : L'étude ci-dessus est une gamme partielle.

17e LEÇON

LE TOURNAGE EN L'AIR SUR MANDRIN A TROIS MORS

Voir planche 17, ce fasc., 8e leçon

Ce procédé convient pour le tournage extérieur ou intérieur des pièces courtes (**L** < 2 **D**) à surface de révolution cylindrique, conique et plane *(concentriques* ou perpendiculaires)*.

1. PRINCIPE A OBSERVER

— Tourner les diverses surfaces concentriques ou perpendiculaires sans démonter la pièce.

Remarque : *On peut aussi faire du travail en reprise d'après deux surfaces perpendiculaires tournées en premier lieu.*

2. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE L'APPAREILLAGE

Les mandrins :

Préparation. Les **SR** doivent porter parfaitement pour centrer* et maintenir le mandrin sur la broche. Nettoyer soigneusement et huiler légèrement les **SR** avant montage. Protéger le banc par une planchette.

Montage d'un mandrin avec faux-plateau fileté. Prendre le mandrin à la main, présenter et engager le filetage du faux plateau sur la broche. Visser à fond en tournant le mandrin à la main et bloquer d'un coup sec avec la clé de serrage montée sur l'un des pignons satellites*.

Ne pas se servir de l'embrayage automatique pour le blocage (risque de rupture des patiers de la poupée fixe).

Démontage (fig. III, 1 et 2). Sélectionner la plus petite vitesse de broche sans embrayer la rotation et ouvrir les mors largement. Interposer une cale *(bois dur ou aluminium)* de hauteur ⩽ **Hdp,** entre le banc et l'un des mors. Embrayer la marche arrière par à-coups et effectuer le déblocage. Continuer à la main le dévissage du mandrin.

Pour éviter la chute brutale des mandrins sur le banc, introduire une tige d'acier dans le trou de la broche. Le déblocage peut se faire également avec un levier (fig. III, 2).

Les mors*. Ils sont guidés dans des rainures à té et actionnés par une vis plate en spirale d'Archimède, elle-même mise en rotation par clé de serrage à main. Les rainures et les mors sont repérés dans l'ordre de leur mise en montage. Nettoyer les surfaces de contact avant le montage.

Montage des mors. Présenter le début de la vis en spirale, juste à l'entrée de la rainure **1**. Engager le mors **1** et effectuer 1/3 de tour *(sens des aiguilles d'une montre)* à la vis en spirale. Engager le mors **2** contrôler et effectuer 1/3 de tour. Engager le mors **3**. Vérifier au réglet que les mors sont tous à la même distance de l'axe *(ou faire affleurer le bout des mors sur la surface extérieure du mandrin)*.

3. EMPLOI DES MORS

Mors durs : serrage sur surface brute ou ébauchée.

Mors « à l'endroit ». Serrage sur surface extérieure et intérieure moyenne (fig. I, 1 et I, 2).

Mors « à l'envers ». Serrage sur grande surface extérieure (fig. I, 3).

Mors doux. Serrage pour travail en reprise (fig. I, 4).

4. ALÉSAGE DES MORS DOUX

Utiliser des rondelles (fig. V, 1 et 2) de faibles sections ou des étoiles à vis réglables (fig. V, 3) sur lesquelles les mors sont bloqués à leur position d'utilisation.

Réglage (fig. V, 4). Emploi de l'étoile.

— Monter des broches dans les trous percés sur la face avant des mors. Régler l'ouverture des vis de l'étoile. Serrer l'étoile dans les mors *(les têtes de vis appuyant sur les broches)*. Effectuer l'alésage des mors au diamètre de la pièce.

Premier cas : Embrèvement pour la reprise des pièces courtes (**L** < **D**) *(prévoir un dégagement de l'angle)*.

Deuxième cas : Alésage intérieur pour reprise sur surface extérieure de pièce longue (**L** > **D**) *(la pièce pouvant rentrer à l'intérieur de la broche)*.

5. MONTAGE DE LA PIÈCE

Mise en place. La pièce mal montée accuse un mouvement désordonné *(ne tourne pas rond)**. Il faut : réduire le porte-à-faux *(ne laisser dépasser des mors que la partie à usiner, + quelques millimètres)* ; faire tourner la pièce dans les mors doux avant blocage.

Réglage. Le centrage s'effectue sans que la pièce cesse d'être maintenue. Utiliser pour :

1. *Pièce brute :* Craie *(rotation automatique)* (fig. III, 3).
2. *Pièce ébauchée :* Crayon gras *(rotation automatique)*.
3. *Pièce finie :* Comparateur *(rotation manuelle)* (fig. III, 4).

La partie excentrée se trouve marquée à son passage devant la craie ou le comparateur *(saillie)**. Faire disparaître l'excentrage* par réalésage des mors doux ou par interposition d'une cale *(papier ou clinquant)* sous le mors correspondant à la saillie.

c) ***Serrage des mors.*** Il doit être *suffisant* pour résister aux efforts de coupe et *limité* pour ne pas déformer la pièce ni la marquer *(empreinte des mors)*.

6. MONTAGE DE L'OUTIL

Il doit être rigide et permettre le travail au ras des mors. Pour cela mettre le début des glissières du chariot pivotant et de son coulisseau sur le même plan vertical afin d'éviter des accidents *(choc du mandrin sur le coulisseau du chariot pivotant en fin de passe)*.

7. GAMME D'USINAGE (fig. IV).

Variation éventuelle du procédé utilisé, pour pièces semblables.

Suivant dimensions : La pièce choisie mesure ∅ 180 × 65.

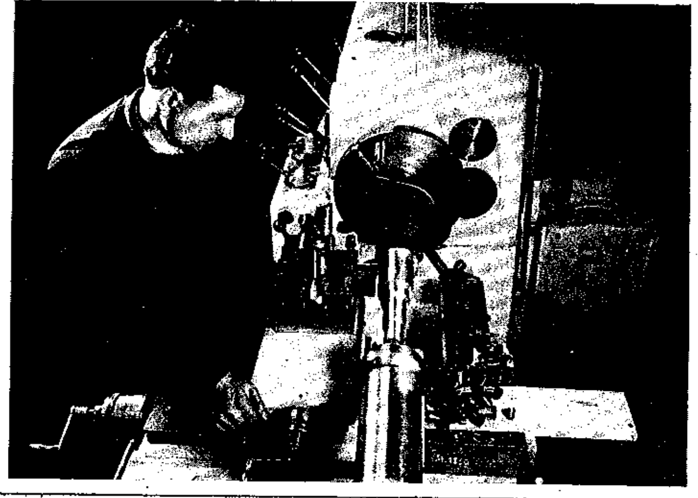
1. *Pour pièce plus petite :* même procédé;
2. *Pour pièce plus grande :* même prodédé mais sur tour en l'air ou sur tour vertical.

Suivant quantité : La gamme proposée convient pour une série moyenne *(200 à 500 pièces)* avec phases successives sur la même machine, ou avec reprises sur machines différentes. Pour les grandes séries, l'emploi du tour semi-automatique s'impose afin de réduire les temps de montage à main et surtout de manœuvre.

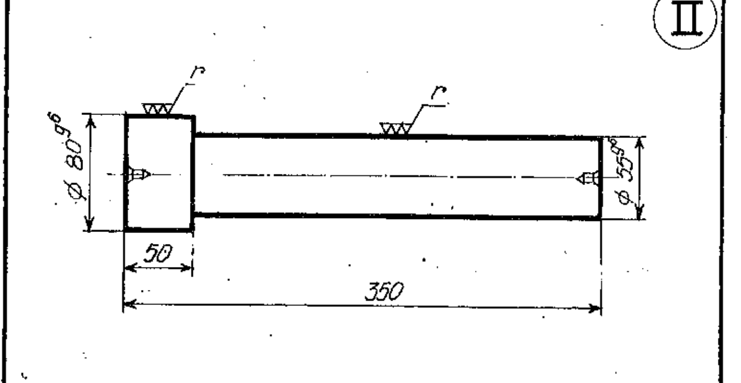
Nota. — L'emploi du mandrin à serrage pneumatique réduit les temps de montage et diminue la fatigue de l'ouvrier. Les mandrins à serrage pneumatique s'adaptent sur les tours parallèles qu'ils transforment en machine de travail en série.

Planche 18

LE TOURNAGE ENTRE POINTES



TOURNAGE ENTRE POINTES *(cliché MACHINE MODERNE)*



Spécifications : Ac. 75 kg/mm2 — Tol. génér. ± 0,1 —
Nota : 1 — Les pièces sont fournies centrées et mises de long.
2 — Tournage avant rectification ▽▽

PISTON.

INSTRUCTIONS — N° — IV

Elément	Piston	Dessin	8.002	Rep.	10
Organe	Pompe	Mat.	ø85×350	Nb.	100
Ensemble	Raboteuse	Phase	Tournage		

Op.	Désignation	Outils	Contrôle	p	V	n	a	A	L	Tc	Tm
1	Prendre pièce à terre										0',24
	Monter toc										0',18
	Serrer pièce E.P.										0',18
	Prendre passe	Carbure S2									0',30
	Tourner ø 60	14.D	P.à C.	12,5	105	400	0,2	80	300	3',75	
	Ramener outil										0',18
	Prendre passe										0',30
	Tourner ø 55,4	14.D	P.à C. C.M. de 55,4 $^{+0,05}_{0}$	2,3	73	400	0,2	80	300	3',75	
	Ramener outil										0',18
	Desserrer E.P.										0',18
	Poser pièce										0',18
2	Prendre pièce à terre										0',24
	Monter toc										0',18
	Serrer pièce E.P.										0',18
	Prendre passe										0',30
	Tourner ø 80,4	14.D	P.à C. C.M. de 80,4 $^{+0,05}_{0}$	2,3	105	400	0,2	80	50	0',64	
	Ramener outil (fin opération)										0',18
	Desserrer E.P.										0',18
	Démonter toc										0',18
	Poser pièce.										0',18
									Totaux.....	8',14	3',54

III

1 — Montage entre pointes
a — pièce
b — outil
c — contre-pointe
d — pointe vive
e — toc
f — plateau-toc
g — fourreau
h — frein de g.
2 — Raccordement défectueux

Jeu — Mc — Ma — Copeau — Excentrage — +20 — 0

MONTAGE ENTRE POINTES

V

1 — Avec cylindre étalon
a — contre-poupée
bb' — vis réglage
c — cylindre étalon
U — sens déplacement
x — axe broche
y — axe pièce
2 — Pièce légère
3 — Pièce courte
4 — Pièce longue

0 — +40 — 15 — 60 — "bon" — "mauvais" — L maxi — ø30 — ø30,2 — ø50 — 10

RÉGLAGE CYLINDRIQUE

18e LEÇON

LE TOURNAGE ENTRE POINTES

Voir planche 18, ce fasc., 7e et 9e leçons

Le montage entre pointes convient pour le tournage extérieur des pièces longues (**L** > 2 **D**).

1. PRINCIPE A OBSERVER

L'axe de la pièce et celui de la broche sont communs et parallèles au guidage du corps de chariot.

2. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE L'APPAREILLAGE *(Pointes, plateau et toc)*

Pointe vive et contre-pointe.

Préparation. Les **SR** doivent plaquer. Nettoyer avant montage la pointe et son logement *(un copeau oublié entre deux **SR** suffit pour excentrer la surface cylindrée et, après retournement entre pointes, la trace du raccordement subsiste)* (fig. III, 2).

Le cône à 60° de la pointe vive peut être rectifié en place avec une machine à meuler portative montée à la place de la tourelle carrée *(alors la position de portée broche-pointe doit être repérée et respectée).*

Montage. Présenter la pointe, repères en regard, emmancher d'un coup sec pour assurer le blocage. Vérifier la concentricité au comparateur sur le cône à 60°.

Démontage. Introduire une tige d'acier par l'arrière dans le trou de broche. Décoller* d'un coup sec la pointe vive et la recevoir dans la main droite. On sait que la contre-pointe est chassée en bout de course par la vis de manœuvre *(léger coup).*

Plateau pousse-toc.

Préparation. Les **SR** doivent être très propres et légèrement huilées afin de faciliter leur démontage.

Montage. *(Cas d'un nez conique ERNAULT.)*

Présenter la rainure du plateau face à la clavette de la broche. Engager le cône et visser l'écrou à la main. Assurer le blocage définitif avec clé et massette.

Démontage. Débloquer l'écrou (clé et massette), puis le dévisser d'une main et soutenir le plateau de l'autre. Dégager le plateau et le placer à l'abri des copeaux *(un chiffon placé à l'intérieur du cône le préserve des poussières et des copeaux).*

Toc. Le toc est monté et fixé à l'extrémité de la pièce *(côté broche)* avant la mise en place de celle-ci entre pointes.

Éviter les marques de serrage en intercalant, entre pièce et toc, une forme* en laiton ou en aluminium *(épaisseur ≃ 1 mm).* Doser le serrage afin d'assurer l'entraînement positif sans déformer la pièce.

3. MONTAGE ET DÉMONTAGE DE LA PIÈCE

Montage (fig. III, 1). Mettre le centre *(côté toc)* sur la pointe vive. Soutenir la pièce de la main gauche et présenter le deuxième centre en regard de la contre-pointe. Avancer celle-ci dans le centre par manœuvre de la vis du fourreau *(main droite).*

Mettre l'outil en position d'attaque. Approcher la poupée mobile à quelques millimètres du traînard *(réduire le porte-à-faux* du fourreau).*

Bloquer la poupée mobile sur le banc. Doser le serrage de contre-pointe et serrer légèrement le frein du fourreau.

Observations sur le montage de la pièce.

La pièce doit tourner librement, mais sans jeu, entre les pointes. Faire tourner la pièce à la main avant d'embrayer **Mo**.

Huiler ou suiffer le centre de la contre-pointe, si celle-ci n'est pas à billes. Surveiller cette contre-pointe en cours d'usinage car la pièce s'échauffe et se dilate. Toute pression excessive risque de détériorer la pièce, le centre *(grippage*)* ou la contre-pointe.

Utiliser de préférence une pointe tournante à billes ou une pointe extensible *(à ressort central).*

Démontage. Soutenir la pièce, desserrer le fourreau, reculer la contre-pointe et dégager la pièce.

Remarque : *Pour les travaux de série laisser le frein du fourreau en position constante de serrage.*

4. RÉGLAGE CYLINDRIQUE (fig. V)

L'axe de la pièce doit être rigoureusement parallèle au guidage du corps de chariot *(trajectoire **Ma**).* Mettre les pointes en regard par déplacement transversal du corps de poupée mobile sur sa semelle au moyen des vis de réglage **b** et **b'** *(voir leçon n° 7) (l'axe de la contre-pointe se déplace horizontalement de part et d'autre de la pointe vive).*

Pièce légère, réglage rapide (fig. V, 2) *(précision 100 µ).*

Monter la pièce. Effectuer une passe de 10 à 15 mm de long.

Repérer la graduation du tambour gradué.

Démonter la pièce sans dérégler l'outil.

Déplacer l'outil vers la pointe vive.

Retourner et remonter la pièce entre pointes.

Vérifier que l'arête tranchante est tangente à la surface usinée *(le réglage est bon)* ou constater les écarts au tambour gradué et modifier le réglage en conséquence.

Pièce courte (fig. V, 3). Monter la pièce. Effectuer une passe sur la plus grande longueur possible. Mesurer les diamètres extrêmes de la partie usinée *(en cas de différence constatée, la pièce n'est pas cylindrique).*

Pièce longue (fig. V, 4). Monter la pièce. Effectuer une passe de 10 à 15 mm de long. Repérer la position du tambour gradué, reculer l'outil et le déplacer près du toc. Effectuer une passe identique à la précédente. Mesurer les diamètres obtenus *(en cas d'identité, le réglage est correct).*

Réglage avec comparateur et cylindre étalon *(il doit avoir la même longueur que la pièce à tourner)* (fig. V, 1).

Monter le cylindre étalon entre pointes et le comparateur sur la tourelle *(le palpeur horizontal à hauteur des pointes).*

Approcher le palpeur sur le cylindre étalon. Ramener le cadran du comparateur à zéro. Déplacer le traînard et constater sur le cadran du comparateur le défaut éventuel de parallélisme.

Réglage de la poupée mobile *(voir leçon n° 7,* fig. VI).

Ex. : *écarts obtenus :* 0 près du toc et + 0,4 mm près de la contre-pointe.

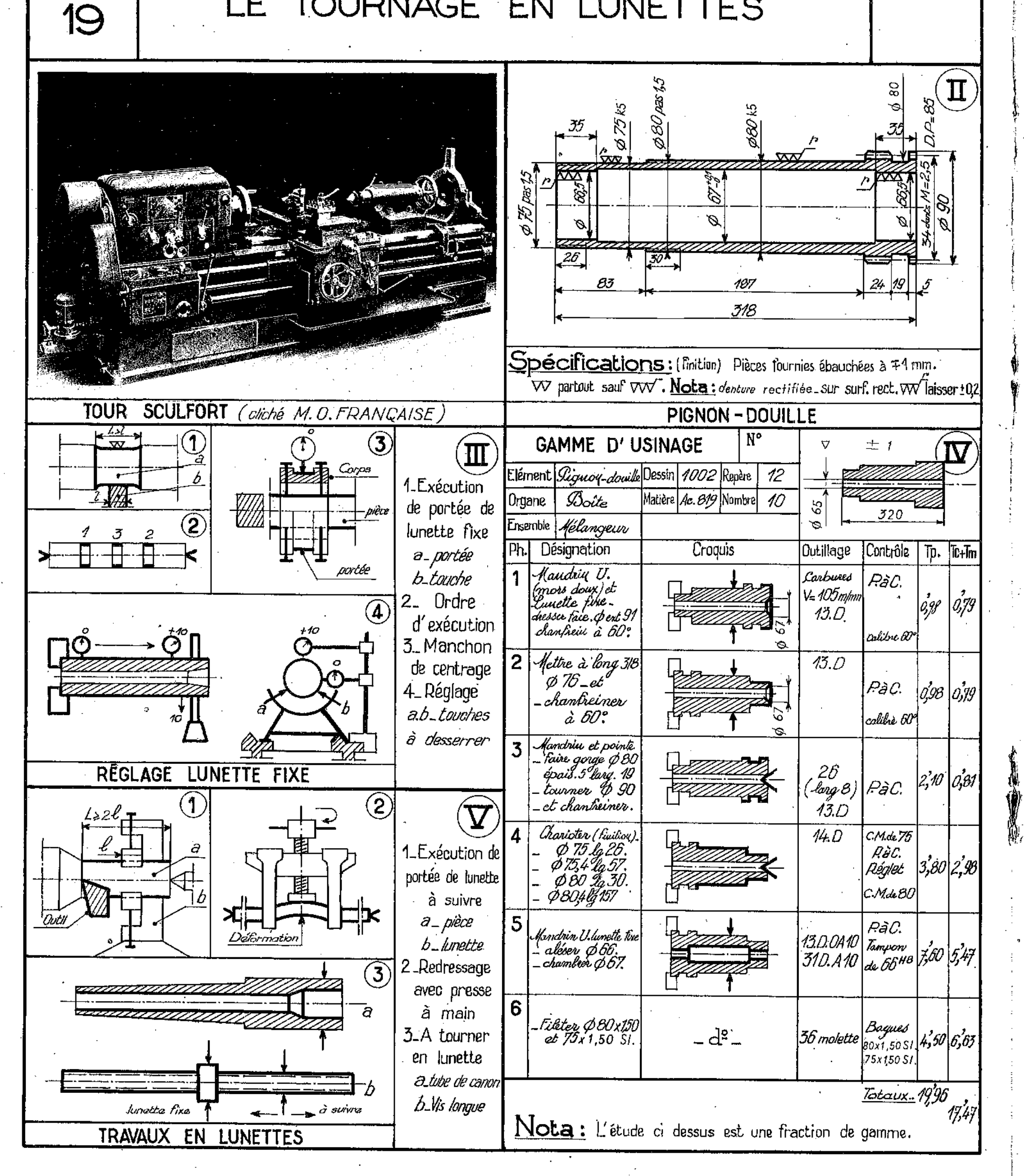
Dans ce cas la contre-pointe est à rapprocher de l'opérateur de 0,4 mm. Laisser l'étalon monté et le comparateur près de la contre-pointe. Débloquer la poupée mobile *(sans la déplacer sur le banc).* Desserrer la vis **b** et serrer légèrement **b'**. Constater le déplacement sur le cadran du comparateur.

Bloquer à nouveau la poupée mobile sur le banc.

Serrer **b** et vérifier à nouveau le réglage au comparateur *(sur cylindre étalon ou sur pièce en cours d'usinage).*

5. FEUILLE D'INSTRUCTIONS DÉTAILLÉES (fig. IV)

L'instruction proposée convient pour une série moyenne *(25 à 100 pièces)*, le tour est réglé avec butées transversales et longitudinales. En grande série utiliser un tour à reproduire par copiage.



GAMME D'USINAGE				N°	
Elément	Pignon-douille	Dessin	1002	Repère	12
Organe	Boîte	Matière	Ac. 819	Nombre	10
Ensemble	Mélangeur				

Ph.	Désignation	Croquis	Outillage	Contrôle	Tp.	Tc+Tm
1	Mandrin U. (mors doux) et Lunette fixe - dresser face. ϕ ext 91 chanfrein à 60°		Carbures V = 105 m/mn 13.D.	P à C. calibre 60°	0,98	0,79
2	Mettre à long 318 ϕ 76 _ et _ chanfreiner à 60°		13.D	P à C. calibre 60°	0,98	0,79
3	Mandrin et pointe _ faire gorge ϕ 80 épais. 5 larg. 19 _ tourner ϕ 90 _ et chanfreiner.		26 (larg 8) 13.D	P à C.	2,10	0,81
4	Charioter (finition). - ϕ 75 lg 26. - ϕ 75,4 lg 57. - ϕ 80 lg 30. - ϕ 80,4 lg 157		14.D	C.M. de 75 P à C. Réglet C.M. de 80	3,80	2,98
5	Mandrin U. lunette fixe _ aléser ϕ 66. _ chambrer ϕ 67.		13.D.0A10 31D.A10	P à C. Tampon de 66 H8	7,60	5,47
6	_ Fileter ϕ 80x1,50 et 75x1,50 SI.	_ d° _	36 molette	Bagues 80x1,50 SI. 75x1,50 SI.	4,50	6,63
				Totaux..	19,96	17,47

Nota : L'étude ci dessus est une fraction de gamme.

19e LEÇON

LE TOURNAGE EN LUNETTES

Voir planche 19, ce fasc., 10e leçon

1. BUT

Les lunettes sont des supports auxiliaires permettant le tournage des pièces longues et flexibles.

Principe : L'axe de la pièce doit coïncider en permanence avec l'axe de la broche du tour.

2. LUNETTE FIXE *(voir leçon n° 10)*

Montage. La lunette prend appui sur les portées du banc servant au guidage de la contre-poupée. Un sabot avec boulon en permet l'ablocage *(elle reste immobile pendant le travail).*

Sur certains tours spéciaux la lunette est montée sur la face arrière du banc.

Réglage de la lunette fixe : Le réglage des touches* se fait soit :

Sur des surfaces extérieures cylindriques usinées ;

Sur une portée spécialement usinée ;

Sur un manchon de centrage *(lorsque la section en lunette est brute ou polygonale).*

1° ***Exécution d'une portée de lunette*** (fig. III, 1).

Monter la pièce *(généralement entre pointes).* Par passes successives de faibles profondeurs, charioter cylindrique la portée recevant la lunette *(largeur supérieure à celle des touches).*

Pour les pièces très flexibles il est parfois nécessaire de faire plusieurs portées provisoires. L'ordre d'exécution est imposé par la nécessité d'éviter le phénomène de flexion (fig. III, 2).

2° ***Montage d'un manchon de centrage*** (fig. III, 3).

Engager le manchon sur la pièce et monter celle-ci sur le tour. Centrer la portée du manchon au comparateur.

Bloquer les vis de réglage, puis contrôler à nouveau.

Réglage des touches. Faire tourner la pièce à vitesse réduite. Différents types de touches sont employés :

Touches ordinaires. En bronze ou fonte *(employées pour les faibles vitesses de coupe).* Les vis de réglage doivent se manœuvrer facilement à la main. Amener les touches en contact avec la pièce par serrage des vis. Ce contact est sensible : tactile, visuel, auditif *(traînée jaunâtre, noirâtre ou brillante).* Lubrifier les contacts avant et pendant l'usinage en lunette.

Afin d'éviter la détérioration d'une surface finie on intercale éventuellement, pour faciliter le glissement, une bande de cuir entre les touches et la pièce.

Touches à galets *(conviennent pour les grandes vitesses de coupe)* : Au contact de la pièce le galet tourne.

Contrôle du centrage : Utiliser suivant les cas :

Trusquin pour pièce tracée (polygonale) ;

Comparateur pour les pièces usinées (fig. III, 4).

Les vérificateurs munis d'un pied à talon sont déplacés sur le banc *(broche arrêtée).* La vérification est faite en deux positions à gauche ou à droite de la lunette.

Montage de la pièce et réglage. Distinguons :

Pièces munies de un ou de deux centres. Poser la lunette sur le banc, ouvrir les touches et relever le chapeau de la lunette. Monter la pièce *(contre-poupée réglée pour tournage cylindrique).* Placer la lunette en position. Fixer. Rabattre le chapeau, le serrer légèrement à la main, régler puis fixer les touches.

Pièces non munies de centre. Poser la lunette sur le banc, monter la pièce. Positionner et fixer la lunette. Régler les touches provisoirement, centrer la pièce. *(Utiliser une contre-pointe à sommet vif.)*

La pièce étant en rotation, présenter et appuyer la contre-pointe. Il ne doit apparaître qu'un point au centre de la face en bout. Si les touches sont mal réglées, la contre-pointe trace une circonférence. Amener alors le centre de cette circonférence en regard de la contre-pointe en agissant sur les touches.

Vérifier le centrage au comparateur, puis bloquer les touches.

3. LUNETTE A SUIVRE

Montage. La lunette à suivre se monte à l'arrière sur la glissière du chariot transversal ou sur le traînard *(avant de monter la pièce).* Elle se déplace avec l'outil pendant le travail.

La lunette à suivre se monte toujours au même endroit du chariot transversal ; en conséquence la position de l'outil par rapport à celle des touches est réglée au moyen du chariot pivotant. Le tour doit être réglé bien « cylindrique ».

Exécution de la portée. Se fait près de la contre-pointe, au diamètre désiré ; raccorder avec la surface brute par un tronc de cône (fig. V, 1).

Conduite du travail. Lubrifier abondamment les touches en cours d'usinage pour faciliter l'évacuation des copeaux et le refroidissement de la pièce. Surveiller la pression sur les pointes. Employer de préférence des pointes à ressort central compensant la dilatation thermique ou le desserrage de la contre-pointe en cours de passe. Utiliser de préférence les trois touches de la lunette.

4. REDRESSAGE ENTRE POINTES (fig. V, 2)

Pour les gros défauts à réduire, employer une presse à main ou à balancier. Pour les faibles défauts, procéder par « contre-battage* » *(allongement des fibres courtes).* Engager un levier sous la partie excentrée, frapper par coups secs avec une massette de chaque coté de la partie creuse et exercer simultanément des pressions sur le levier.

5. GAMME D'USINAGE (fig. IV)

Variation éventuelle du procédé pour pièces semblables.

a) ***Suivant dimensions :*** La pièce choisie est à ± 1 mm.

1° Pour pièce plus petite : même procédé mais finition en l'air en mors doux quand **L < 2 D**.

2° Pour pièce plus grande : même procédé, mais employer un tour parallèle en rapport avec les dimensions de la pièce *(HdP et EP plus grands).*

b) ***Suivant quantité.*** La gamme proposée convient pour une petite série *(10 à 20 pièces).* l'ébauche et la finition pouvant se faire sur la même machine ou sur plusieurs équipées pour chacune des phases.

Pour une grande série utiliser le tour à copier ou le tour semi-automatique *(filetage sur machine spéciale).* Le tour automatique à barre conviendrait pour des pièces de dimensions réduites (ϕ < 40).

Exécution.

Phase 1/6. En mandrin à mors doux et lunette fixe sur ϕ 82.

Dresser face et chanfreiner à 60° (centre pour pointe). Charioter au ϕ 91 pour assurer la concentricité de la prise en mors doux avec le centre.

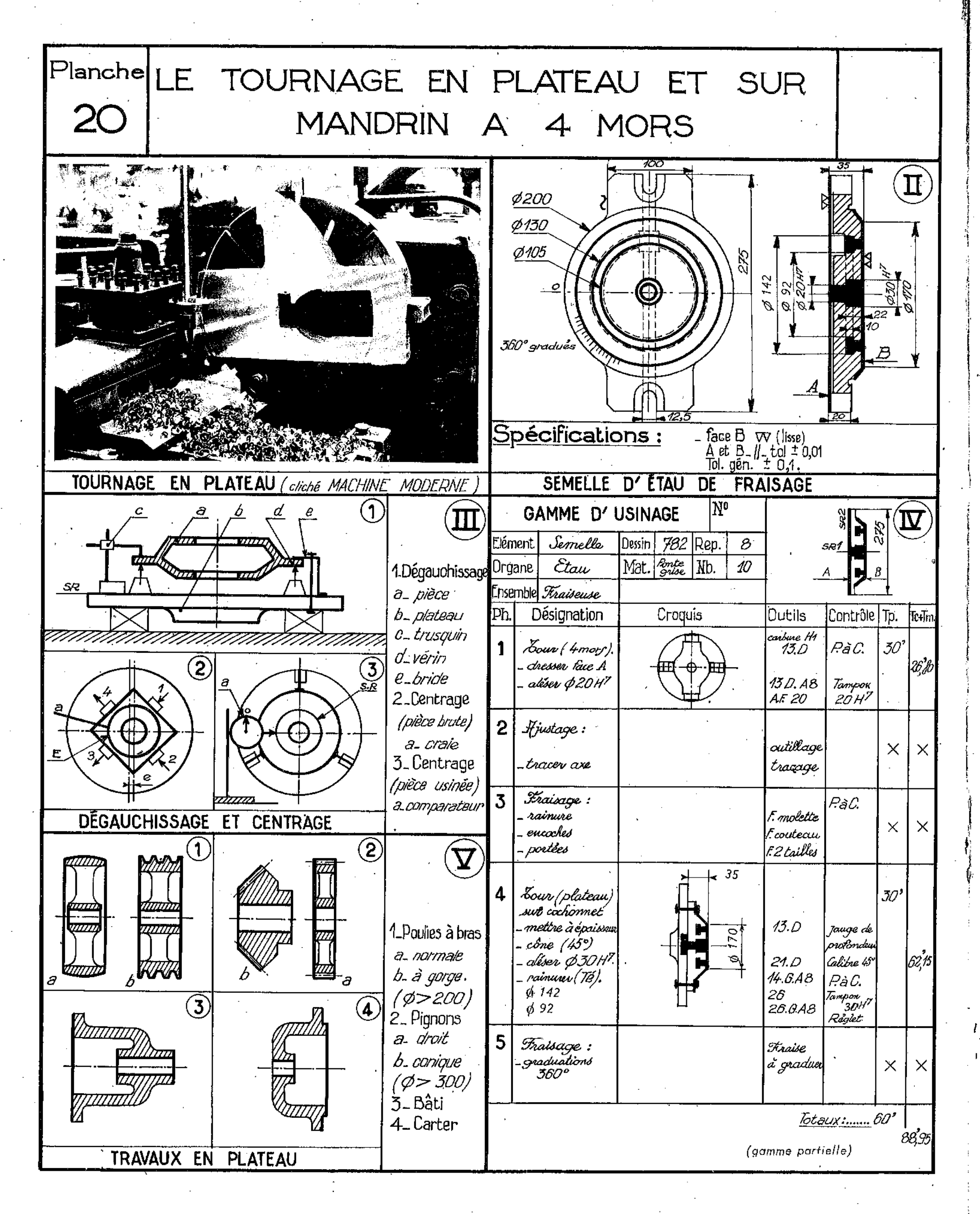
Phase 2/6. Retourner la pièce, mettre à longueur, chanfreiner à 60° et charioter la prise en mors au ϕ 76.

Phase 3/6. En mandrin et pointe tournante, charioter la collerette à ϕ 90.

Phase 4/6. Retourner la pièce, charioter les ϕ 75 et 80 + 0,4 mm pour rectification.

Phase 5/6. En mandrin et lunette fixe, aléser à ϕ 66,5 — 0,5 mm et chambrer à ϕ 67.

Phase 6/6. Fileter aux ϕ 75 pas 1,5 et ϕ 80 pas 1,5



20e LEÇON

LE TOURNAGE EN PLATEAU ET SUR MANDRIN A QUATRE MORS

Voir planche 20, ce fasc., 6e leçon

Le tournage en plateau et sur mandrin à quatre mors convient pour usiner des pièces de faible épaisseur et de grand diamètre et de forme polygonale irrégulière. Le montage est généralement en l'air si **L** < **D** ou mixte quand **L** > 2 **D**.

1. PRINCIPE A OBSERVER

La pièce doit être fixée sur le plateau d'après des positions définies par les axes et les **SR**.

2. TRAVAIL SUR PLATEAU A QUATRE MORS

Montage et démontage du plateau. Comme pour le mandrin à trois mors concentriques. Les mors indépendants guidés dans les rainures du plateau sont déplacés et bloqués sur lui au moyen de vis et d'écrous.

Montage de la pièce.

Pièce brute. Centrage à la craie.

Pièce ébauchée, tracée et pointée. Situer le coup de pointeau de position d'axe en vis-à-vis de la contre-pointe. Placer la pointe du trusquin sur la circonférence tracée. Faire tourner le plateau à la main; situer le tracé en regard de la pointe du trusquin en déplaçant la pièce s'il y a lieu.

Pièce en reprise. Serrage sur une surface tournée.

Réglage des mors. *Centrage.*

Surface extérieure (fig. III, 2). Monter la pièce, serrer légèrement les mors et vérifier le centrage obtenu. Desserrer les mors **3** et **4** opposés à la partie excentrée **E**. Rattraper le faux-rond par serrage des mors **1** et **2** placés sur la *saillie**. Faire descendre la saillie vers le centre de **e** et vérifier le centrage. Bloquer définitivement, par serrage identique des quatre mors et s'assurer que le centrage obtenu est correct.

Surface intérieure. Par analogie avec le centrage sur surface extérieure, repérer la saillie et inversement la repousser.

Face avant. Se fait par tapotements avec une massette sur la partie voilée jusqu'à disparition du « voilage »*.

Travail en série. Repérer deux mors et effectuer le serrage ou le desserrage avec ceux-ci exclusivement.

3. TRAVAIL SUR PLATEAU A TROUS OU PLATEAU DE MONTAGE

Montage et démontage du plateau. Comme pour le plateau pousse-toc. Fixer un entraîneur pour faciliter l'opération. Vérifier le « voile » de la face au comparateur et éventuellement le réduire à zéro par un dressage à la demande, l'outil partant du centre.

Montage de la pièce (fig. III, 1). Le plateau démonté est placé horizontalement sur une table. La pièce est calée, butée, bridée ou prise dans un porte-pièce spécial. Les griffes à pompe remplacent les mors, elles évitent le glissement de la pièce sur le plateau.

Dégauchissage de la surface perpendiculaire à l'axe. Le trusquin ou le comparateur appuyés sur la face du plateau permettent de mesurer le « voile » de la **SR** de la pièce. Le réduire à zéro en agissant sur les vérins ou par calages. Employer des feuilles de papier pour les faibles écarts *(papier à cigarette épaisseur ≃ 20 µ)*. Serrer légèrement les boulons de blocage et monter l'ensemble plateau-pièce sur la broche.

Centrage axial. Faire tourner le plateau à la main.

1. *Pièces brutes.* Centrage à la craie. Frapper par petits coups sur la partie excentrée afin de rattraper le faux-rond.

2. *Pièce tracée.* Le centre étant tracé et pointé, amener en vis-à-vis le coup de pointeau axial et la contre-pointe par léger glissement de la pièce sur le plateau. Bloquer définitivement la pièce sur le plateau quand le centrage est correct.

3. *Pièce à surface de révolution usinée* (fig. III, 3). La pièce étant montée, amorcer le centrage axial au crayon gras. Présenter la saillie à la partie supérieure. Faire glisser la pièce en frappant par petits coups secs ou en agissant sur les griffes à pompe. Assurer le centrage définitif au comparateur en tenant compte des tolérances spécifiées *(40 à 50 µ)*.

Bridage des pièces. Il doit résister aux efforts de coupe et à la force centrifuge. En général on emploie trois brides disposées à 120° ou quatre à 90°. Le bridage ne doit pas déformer la pièce; prévoir des cales ou des vérins sous des brides dans le cas de pièces flexibles. Employer les griffes à pompe quand il y a impossibilité de bridage ou risque de glissement.

Équilibrage *(voir leçon n° 22)*. Nécessaire quand la pièce usinée n'est pas symétrique, pour éviter le balourd*.

4. GAMME D'USINAGE (fig. IV).

Procédé employé. La pièce brute prise entre quatre mors *(phase 1)* puis reprise sur plateau à trous avec cochonnet *(phase n° 4)* fournit des exemples de tournage sur mandrin à quatre mors et plateau.

Variation éventuelle du procédé pour pièces semblables *(phase n° 4)*.

Suivant dimensions. La pièce choisie mesure 275 × 200 × 35.

1. Pour pièce plus petite : même procédé;
2. Pour pièce plus grande : même procedé, mais utilisé sur ***tour vertical*** *(facilités de réglage)*.

Suivant quantité. La gamme proposée convient pour 1 à 100 pièces. Au-delà et jusqu'à 500 pièces adopter le ***tour revolver*** *(deux phases de tournage)*.

Nota. — La face **A** sera rectifiée par abrasion, au-delà de 10 pièces.

Observations sur la conduite du travail.

État de la pièce brute. Venue de fonderie, surépaisseur d'usinage ≃ 3 mm sur les surfaces à usiner.

Rigidité. Cette pièce est indéformable. Elle possède un plan de symétrie. On aura donc :

Bridage, sans précautions spéciales.
Section de copeaux (**a** × **p**), libre.
Balourd probable, peu important.
Vitesse de coupe, normale.

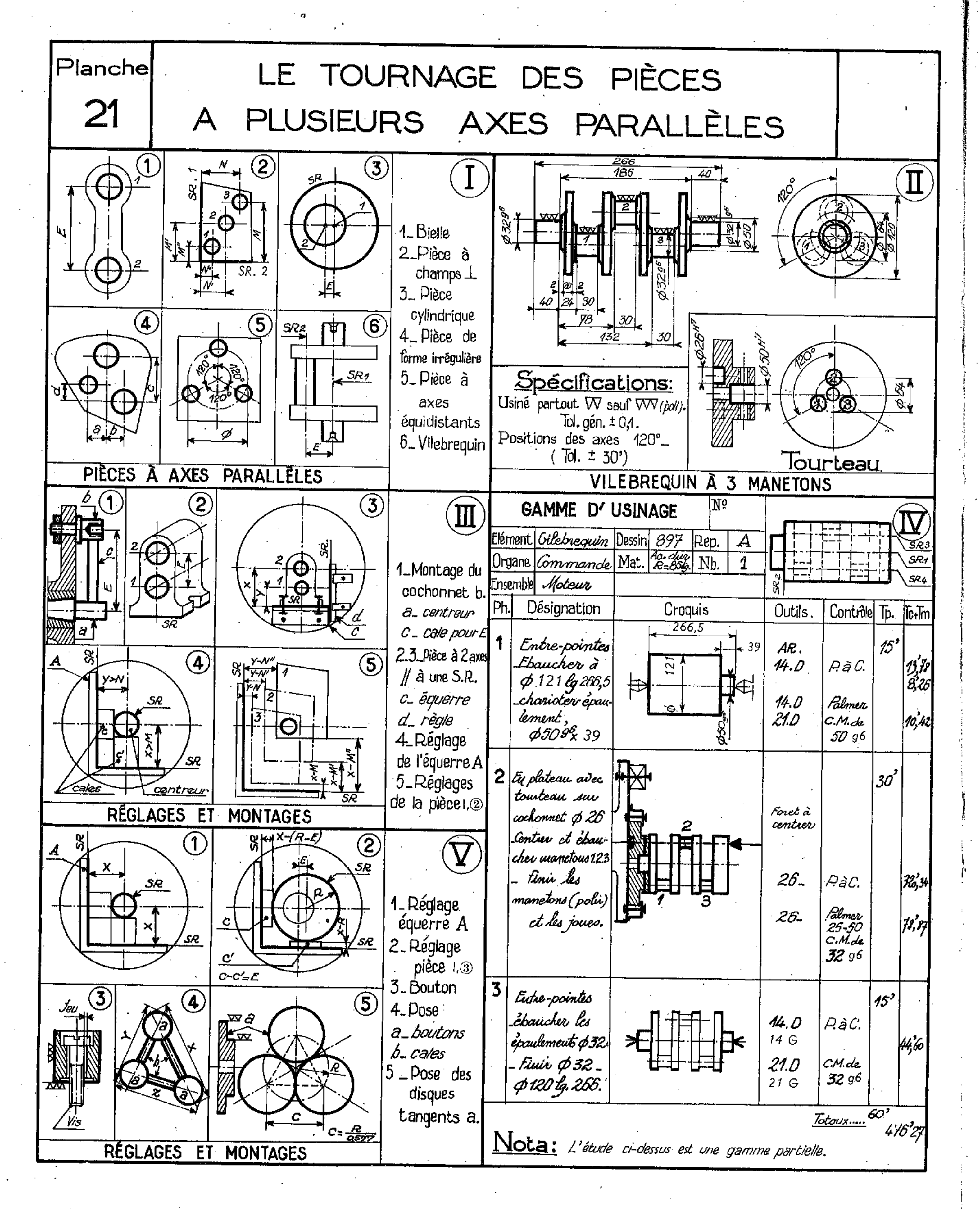
Qualité des surfaces. La surface **B** doit être *saine** et usinée lisse (▽▽).

Partage de la matière. En première phase : mesurer les surépaisseurs pour les cotes 20 et 35 et prévoir l'enlèvement de métal en partageant sur les faces **A** et **B**.

Exécution. Conduire les opérations en série.

Phase 1/5. Monter la pièce.
Assurer le centrage du trou brut central à la craie.
« Dévoiler » la face **A** et bloquer définitivement.
Dresser la face **A** *(deux passes)*.
Exécuter l'alésage *(deux passes + passage alésoir)*.

Phase 4/5. Monter le cochonnet sur le plateau.
Tourner le cochonnet au $\phi = 20$ g 6.
Monter la pièce sur le cochonnet. Fixer la pièce par deux boulons retenus dans les rainures fraisées.
Dresser la face **B** *(deux passes)*.
Exécuter le cône *(deux passes)* en inclinant le chariot pivotant à 45°.
Défoncer la gorge de largeur 12,5 *(une passe avec outil-pelle à carotter)* profondeur 22.
Exécuter la rainure circulaire en té *(deux gorges)*. L'outil sera monté à l'envers; faire la première gorge en marche avant et la deuxième en marche arrière *(l'outil a une section elliptique près du bec et peut passer dans la gorge centrale)*.



21e LEÇON

LE TOURNAGE DES PIÈCES A PLUSIEURS AXES PARALLÈLES

Voir planche 21, ce fasc., 20e leçon

1. **PRINCIPE A OBSERVER.** Placer et maintenir en position parallèle les axes à exécuter et l'axe du tour.

2. **PIÈCES A DEUX AXES PARALLÈLES** *(alésages)*

Pièces n'ayant aucune SR *(genre bielle)* (fig. I, 1) :

Exécution de l'axe 1 : Il peut se faire en plateau *(alésage et face avant), (voir leçon n° 20).*

Exécution de l'axe 2 (fig. III, 1) *:*

Monter un centrage **a** de diamètre quelconque; Établir un jeu de cales-étalons permettant d'obtenir l'entraxe* **E**;

Monter sur le plateau un cochonnet **b** de même diamètre que l'alésage **1** ; régler **b** à l'entraxe* **E** au moyen de **c** puis bloquer **b** sur le plateau *(enlever le centrage **a** éventuellement).*

Monter la pièce sur le cochonnet **b**; situer le deuxième axe au centre du plateau d'après le brut; fixer la pièce entre trois griffes à pompe.

Exécuter les diverses opérations situées sur le deuxième axe. En série, maintenir une griffe à pompe réglée qui servira de butée.

Pièces à deux axes parallèles plus une SR (fig. III, 2). La **SR** sera placée sur une équerre de montage à champs dressés, perpendiculaires aux grandes faces.

Exécution :

Axe 1 (Voir leçons nos 8 et 22.)

Axe 2 (fig. III, 3) *:* Placer et fixer une règle appuyée sur un champ de l'équerre; desserrer les boulons de fixation de l'équerre; faire glisser l'ensemble pièce-équerre contre la règle jusqu'à obtention de la cote d'entraxe **E** *(centrage plus cales-étalons).*

Fixer l'équerre. Équilibrer. Contrôler le montage *(entraxes **E** et position équerre sur la règle).* Exécuter l'axe **2**.

3. **PIÈCES A PLUSIEURS AXES PARALLÈLES ET PERPENDICULAIRES A UNE SR**

Pièce possédant deux champs d'équerre (fig. I, 2).

Réglage. Utiliser une grande équerre d'ajusteur **A**.

Poser le plateau horizontalement sur une table.

Monter un centrage sur le plateau (fig. III, 4).

Placer les deux champs intérieurs de l'équerre **A** à distances du centre supérieures aux plus grandes hauteurs d'axes.

Fixer l'équerre **A** au plateau et vérifier. Relever les distances des champs intérieurs de **A** à l'axe.

Montage de la pièce (fig. III, 5). Choisir après calculs les cales-étalons **c** et **c'**, donnant la position de l'axe **1** aux champs intérieurs de **A**.

Poser la pièce sur le plateau en butée sur **c** et **c'**, puis fixer au plateau. Vérifier le parallélisme des champs de la pièce à ceux de l'équerre *(cales-étalons).* Monter l'ensemble plateau-pièce sur la broche et exécuter l'axe **1**.

*Effectuer les différents axes sans démontage de l'équerre **A**. Ne pas faire coller la pièce à l'équerre car le contrôle de position serait impossible.*

Disque à alésage excentré *(excentrage précis)* (fig. I, 3).

Axe central 1. Surface extérieure exécutée entre pointes ou en mandrin. *(Usiner le diamètre et les faces en bout.)*

Axe excentré 2 *(Alésage).* Régler les champs intérieurs de l'équerre **A** à égales distances du cochonnet (fig. V, 1).

Employer la méthode du chapitre **3. A.** Choisir **c** — **c'** = entraxe à réaliser **E** et situant la pièce dans l'axe **2.** (fig. V, 2).

4. **PLAQUE A PLUSIEURS AXES PARALLÈLES ET A CHAMPS BRUTS** (fig. I, 4)

Utiliser des boutons pour le réglage en position des axes, *(les boutons sont des cylindres parfaits)* (fig. V, 3).

Pose des boutons sur la pièce (fig. V, 4).

Tracer les axes à ± 0,1. Percer et tarauder les avant-trous. Fixer légèrement les boutons, les régler en position puis les bloquer. *(Régler d'abord les boutons occupant les positions extrêmes, pour réduire les risques d'erreur.)*

Montage de la pièce. Se fait après la pose des boutons.

Réglage. Fixer légèrement la pièce sur le plateau en centrant provisoirement le premier bouton au mieux *(visuellement)* par léger glissement de la pièce sur le plateau. Terminer le centrage au comparateur.

Brider la pièce, contrôler le centrage, démonter le premier bouton, puis exécuter l'axe **1** correspondant à ce bouton. Opérer de même pour les axes successifs.

5. **PIÈCE A AXES PARALLÈLES ÉQUIDISTANTS SUR UNE CIRCONFÉRENCE** (fig. I, 5)

Employer des disques tangents identiques *(épaulés ou alésés).*

Pose des disques de diamètre déterminé (fig. V, 5) :

Faire tangenter les disques entre eux et, éventuellement avec un centrage de diamètre convenable. Fixer les disques *(boulons pour petits disques, points de soudure électrique pour grands disques).*

Montage de la pièce : Opérer comme dans la méthode de centrage par boutons.

6. **PIÈCE A PLUSIEURS AXES PARALLÈLES** *(usinage extérieur genre petit vilebrequin)* (fig. I, 6 et II)

Réalisation des axes par montage entre pointes :

Préparation des centres. Tracer les centres par paires, la pièce bridée sur des vés. Exécuter.

Exécution. Ébaucher puis finir les manetons* intérieurs. Mettre des entretoises* entre les joues s'il y a risque de flexion. Terminer les épaulements extérieurs en dernier lieu.

Réalisation des axes par montage en mandrin à trois mors *(petit vilebrequin à un seul maneton excentré).*

Tourner l'axe central **1** *(bras et joue).* Monter ce bras dans une bague fendue à alésage excentré donnant l'entraxe **E** *(employer les mors doux)* et exécuter l'axe **2** *(maneton).*

Réalisation des axes par montage en plateau.

Employer un « tourteau » donnant les positions angulaires des axes (voir gamme fig. IV).

Exécution. Tourner un bras extérieur, au diamètre d'alésage du tourteau. Monter et fixer la pièce sur le tourteau. Monter et tourner un cochonnet sur le plateau.

Monter le tourteau sur le cochonnet en position **1** *(exécution du maneton **1**).* Fixer le tourteau, équilibrer et faire le centre correspondant.

Ébaucher le maneton **1**.

Démonter l'ensemble tourteau-pièce puis opérer de même pour les manetons **2** et **3**.

Ébaucher tous les manetons avant de commencer la finition. La pièce ne doit être démontée du tourteau qu'après la finition complète des manetons et joues.

Les gros vilebrequins sont usinés en série sur des tours parallèles ou spéciaux avec usage de lunettes fixes.